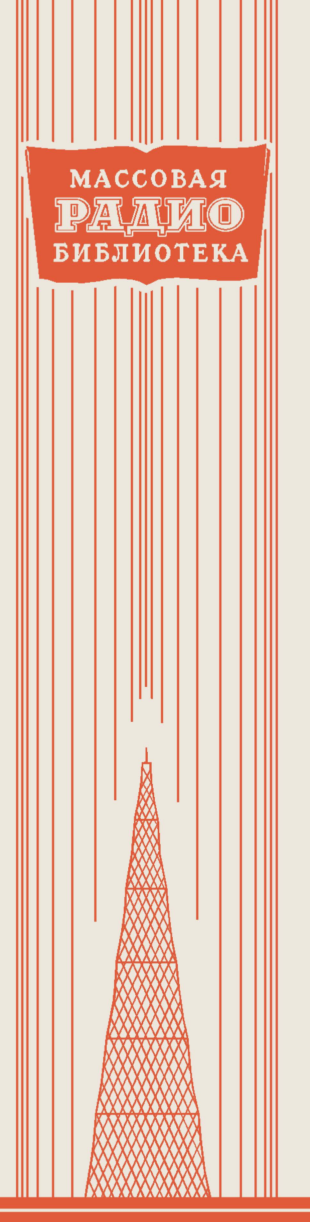
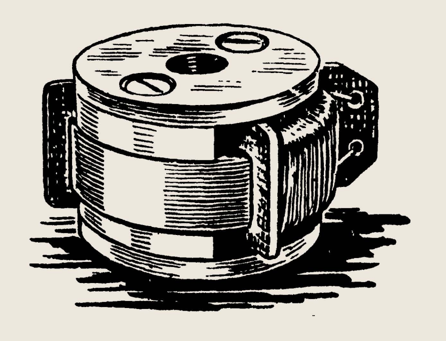


В. И. ПАРХОМЕНКО

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ





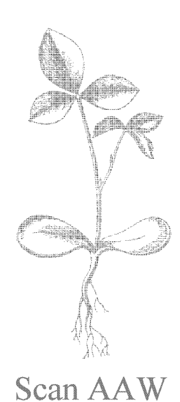
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 365

В. И. ПАРХОМЕНКО

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1960 ЛЕНИНГРАД

В брошюре рассматриваются особенности конструкций современных однодорожечных и многодорожечных магнитных головок. Даются краткие сведения о ферромагнитных материалах, применяющихся для изготовления сердечников головок, и приводится описание процесса производства магнитных головок. Излагаются требования, предъявляемые к записывающим, воспроизводящим и стирающим головкам. Рассматриваются также некоторые разновидности магнитных головок, применяющиеся для воспроизведения очень низких частот и анализа записанных фонограмм.

Брошюра рассчитана на радиолюбителей, знакомых с основными принципами магнитной записи.

Пархоменко Владимир Иванович

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Редактор *А. В. Козырев* Техн. редактор *К. П. Воронин*

Сдано в набор 25/XI 1959 г Подписано к печати 10/II 1960 г.
Т-02706. Бумага 84×108 1/32 3,7 печ. л. Уч.-изд. л. 4,1.
Тираж 35 000 экз. Цена 1 р. 65 к. Заказ 631.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

Качественные показатели аппаратов магнитной записи определяются совокупным действием всех составных частей, входящих в аппарат, а именно: магнитных головок, звуконосителя, лентопротяжного механизма и электронного устройства. Среди них первостепенное влияние, особенно на частотную характеристику и отчасти на динамический диапазон, оказывают магнитные головки.

Магнитные головки являются связующим звеном между электрическими и магнитными процессами, происходящими при записи и воспроизведении электрических сигналов. В зависимости от назначения различают записывающие, воспроизводящие и стирающие магнитные головки.

Записывающие головки преобразуют электрические сигналы в соответствующие колебания магнитного поля, под действием которого намагничивается звуконоситель. В процессе воспроизведения изменения магнитного поля вдоль звуконосителя индуктируют в обмотках воспроизводящей головки напряжение, соответствующее первоначальному сигналу. В стирающей головке подводимая к ней электрическая энергия преобразуется в магнитное поле, уничтожающее (стирающее) ранее имевшуюся на звуконосителе запись.

Наряду с магнитными головками, выполняющими только одну какую-либо функцию, применяются головки, которые выполняют несколько функций. Универсальные головки, например, сочетают в себе функции записывающей и воспроизводящей головок, а комбинированные головки обладают к тому же и функцией стирающей головки.

По принципу действия воспроизводящие магнитные головки можно разделить на две группы. К первой группе относятся головки, реагирующие на изменение во времени магнитного потока записанного участка звуконосителя, происходящего при его движении. Ко второй группе относятся воспроизводящие головки, чувствительные к величине магнитного потока. Такие головки воспроизводят сигнал даже с неподвижного звуконосителя.

По числу одновременно записывающих или воспроизводимых сообщений головки разделяются на одноканальные и многоканальные.

Вместе с развитием и расширением областей применения техники магнитной записи совершенствовались и видоизменялись магнитные головки. Появились головки для записи и воспроизведения на низких скоростях движения звуконосителя, головки для импульсной записи, головки для записи инфразвуковых частот и головки для записи частот телевизионного спектра.

При всем многообразии типов магнитных головок между ними нет принципиальных различий. Это вытекает прежде всего из того, что основные требования к головкам одинаковы независимо от области их применения. Например, стремление к снижению скорости звуконосителя для звукозаписи или расширению диапазона до телевизионных частот, а также записи импульсов с высокой плотностью приводит к необходимости повышать разрешающую способность головок, т. е. увеличивать число записываемых-воспроизводимых длин волн на единицу длины звуконосиля. Выполнение этого требования достигается во всех головках одними и теми же техническими средствами, а именно предельным сокращением ширины рабочей щели.

Конструктивное выполнение магнитных головок независимо от выполняемых ими функций обычно одинаково. Различие между ними состоит лишь в электрических данных обмоток и размерах рабочей щели и заднего зазора.

Некоторые конструктивные отличия налагает на магнитные головки тип используемого звуконосителя. Наряду с широко распространенным звуконосителем — магнитной лентной находят применение магнитная проволока (толщиной до 50 *мк*), магнитные барабаны и диски. Основной особенностью головок для магнитной проволоки является специальная канавка, прорезаемая вдоль рабочей части головки для направления проволоки и фиксации ее положения относительно головки.

Магнитная запись на барабанах и дисках применяется исключительно бесконтактная, т. е. между головками и поверхностью магнитного слоя вводится небольшой (30—40 *мк*) воздушный зазор. Отсутствие трения между головками и звуконосителем также несколько влияет на конструкцию головки.

Некоторые конструктивные различия между головками обусловлены также особыми условиями размещения голо-

вок в аппаратуре и попытками различными путями создать прочную и технологическую конструкцию головки. Кроме того, в зависимости от диапазона записываемых-воспроизводимых частот, принимаются те или иные меры для уменьшения потерь в головках.

В данной брошюре в основном рассматриваются конструкции головок для магнитной ленты, как имеющие наибольшее распространение. Наряду с головками, используемыми в обычных магнитофонах, приводится краткое описание конструкций и принципа действия некоторых специальных головок: многоканальных, подвижных, потокочувствительных и т. п. Введены также некоторые рекомендации по правильному использованию магнитных головок.

Многоканальные, потокочувствительные и подвижные головки находят применение в аппаратуре, используемой в различных областях народного хозяйства, в частности в счетных устройствах и в приборах изучения всевозможных явлений, происходящих в электрических сетях, механизмах и т. п.

Потокочувствительные воспроизводящие головки по принципу действия отличаются от обычных головок, поэтому вся эта группа магнитных головок выделена в отдельную главу.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

КОНСТРУКЦИИ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Основной частью магнитной головки является сердечник из магнитного материала. На рис. 1 изображена наиболее распространенная форма сердечника головки — кольцевая. Сердечник состоит из двух симметричных полуколец, соединяемых друг с другом торцовыми поверхностями. В месте соединения полуколец образуются зазоры. Один из них является рабочей щелью δ_1, ширина которой фиксируется немагнитной прокладкой соответствующей толщины. Сечение в этой части сердечника значительно уменьшается для увеличения магнитного сопротивления рабочей щели. С противоположной стороны образуется задний зазор δ_2.

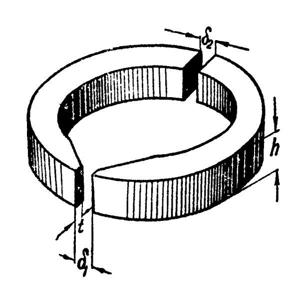


Рис. 1. Сердечник кольцевой магнитной головки.

В записывающих и универсальных головках задний зазор заполняется немагнитным материалом или чаще выполняется воздушным. Магнитные головки для воспроизведения и стирания, напротив, стремятся выполнить с минимально возможным задним зазором, для чего торцы тщательно шлифуются и приводятся в плотное соприкосновение при сборке головки. Как правило, сердечники магнитных головок с целью уменьшения потерь на вихревые токи набираются из отдельных пластин.

На кольцевом сердечнике помещаются две катушки с обмотками, соединяемыми последовательно. Сердечник головки жестко закрепляется винтами между двумя немагнитными щеками (рис. 2). Рабочая поверхность, с которой соприкасается звуконоситель, подвергается тщательной

шлифовке (чтобы обеспечить плотное прилегание звуконосителя к граням рабочей щели).

Наряду с кольцевыми сердечниками широко используются другие самые разнообразные формы сердечников. Некоторые наиболее распространенные из них показаны на рис. 3. Первые три сердечника (рис. 3,*а* — *в*) изготавливаются точно так же, как сердечник кольцевой головки из отдельных пластин, а рабочая щель в них образуется между торцовыми поверхностями двух половин сердечника. Отличаются они друг от друга и от сердечника кольцевой головки не только конфигурацией и геометрическими размерами, но, как будет показано ниже, и способом выполнения обмотки и закреплением сердечников в головке.

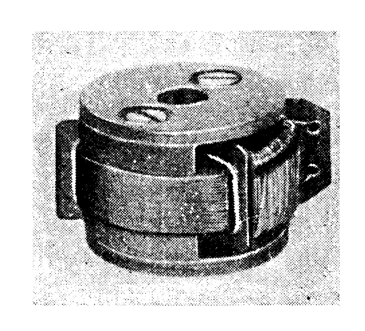


Рис. 2. Общий вид кольцевой магнитной головки.

В сердечнике на рис. 3,*г* рабочая щель образуется не торцовыми поверхностями его частей, а их боковыми сторонами. Таким образом, звуконоситель движется поперек пластин, из которых собирается сердечник.

Простотой выполнения отличается сердечник, изготав-

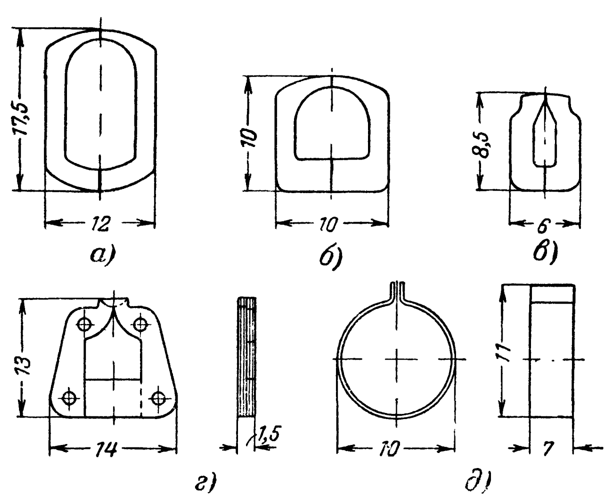


Рис. 3. Сердечники магнитных головок.

ливаемый из одной или нескольких полосок ферромагнитного материала, изгибаемых по форме, показанной на рис. 3,*д*. Рабочая щель в головке образуется немагнитной прокладкой, зажимаемой между отогнутыми концами полоски.

Головки с кольцевым сердечником и сердечниками, изображенными на рис. 3,*а* и *в*, выполняются с двумя обмотками, соединяемыми последовательно. В отличие от сердечников с одной обмоткой (рис. 3,*б* и *г*) они менее подвержены влиянию внешних помех от магнитных полей рассеяния электродвигателей, электромагнитов, силовых трансформаторов и т. п.

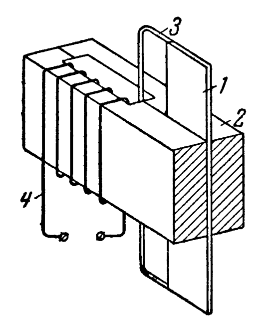


Рис. 4. Проводниковая магнитная головка.

1 — проводник; *2* — сердечник; *3* — вторичная обмотка трансформатора; *4* — первичная обмотка трансформатора.

Вместе с этим на сердечниках, изображенных на рис. 3,*б* и *г*, возможно простое выполнение намотки типа «универсаль» для уменьшения собственной емкости обмотки, что особенно важно для головок, работающих на повышенных частотах. Эти сердечники, так же как и кольцевой сердечник, позволяют выполнять обмотку на съемном каркасе, что представляет известные удобства при изготовлении головок. Намотка катушек на сердечниках, показанных на рис. 3,*а*, *в* и *д*, производится либо на несъемные каркасы, либо непосредственно на изолированный лакотканью или бумагой сердечник.

Несколько отличную конструкцию и форму сердечника от рассмотренных выше имеют некоторые типы головок, используемых для записи специальных сигналов, например импульсных.

На рис. 4 изображена так называемая проводниковая магнитная головка, в которой для записи используется внешнее магнитное поле, возникающее от тока, протекающего по проводнику. Проводник изготавливается из металлической ленты, толщина которой определяет ширину рабочей щели. Для концентрации магнитного поля проводник помещается в сердечник из магнитного сплава. Головка этого типа может использоваться не только в качестве записывающей, но и в качестве воспроизводящей и стирающей.

Согласование ничтожно малого сопротивления провод-

ника с внутренним сопротивлением усилителя записи или генератором подмагничивания выполняется трансформатором, вторичная обмотка которого, состоящая из одного витка толстой медной шины, подключается к концам проводника. Точно так же при помощи трансформатора согласуется вход усилителя воспроизведения с проводниковой головкой, если она используется в качестве воспроизводящей.

Форма сердечника магнитной головки, в частности глубина рабочей щели t (рис. 1), оказывает существенное влияние на электрические свойства и срок службы головки.

Долговечность магнитных головок, кроме того, зависит от ряда других причин, в том числе от твердости материала сердечника, абразивности звуконосителя, давления его на рабочую поверхность головки. При прочих равных условиях долговечность возрастает с увеличением глубины рабочей щели. Однако вместе с этим ухудшаются электрические свойства головок, а именно чувствительность записывающих, отдача воспроизводящих головок и условия стирания. И, наоборот, свойства головок улучшаются с уменьшением глубины рабочей щели, что обычно и наблюдается по мере износа рабочей части сердечника. Головки, предназначенные для работы при скоростях звуконосителя 76,2 и 38,1 *см/сек*, выполняются с глубиной рабочей щели 0,8—1 *мм*, а для скоростей 19,05 *см/сек* и ниже — с глубиной 0,8—0,5 *мм*. В головках, не подвергающихся износу, например при бесконтактной записи, глубина рабочей щели уменьшается до 0,25—0,3 *мм*.

Износу в головках подвергается лишь часть сердечника, соприкасающаяся со звуконосителем. Поэтому иногда сердечники головок выполняются составными. Катушка с обмоткой при этом располагается на основной части сердечника, а часть сердечника, образующая рабочую щель, изготавливается легкосъемной, заменяемой при износе.

Высота сердечника головки h (см. рис. 1) определяется шириной звуконосителя или количеством дорожек на нем. На стандартной магнитной ленте шириной 6,25 *мм* обычно записываются одна или две дорожки. При однодорожечной записи высота сердечника головки выбирается на 10—12% больше ширины ленты с тем, чтобы лента не выходила за пределы рабочей части сердечника при поперечных колебаниях, возникающих из-за механических дефектов ленты или неточной работы лентопротяжного механизма.

Расположение магнитных головок и высота их сердечников для двухдорожечной записи показаны на рис. 5. Благодаря разной высоте сердечников головок при поперечных колебаниях ленты сердечник воспроизводящей головки *3* не выходит за пределы дорожки, нанесенной записывающей головкой *2*, а поле стирающей головки *1* всегда перекрывает записанную дорожку.

В тех случаях, когда необходимо разместить большое количество дорожек на ограниченной ширине звуконосителя, применяются магнитные головки с очень малой высо-

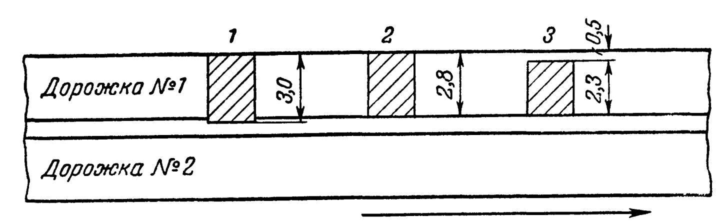


Рис. 5. Расположение дорожек и высота магнитных головок при двухдорожечной записи на магнитной ленте (вид на обратную сторону ленты).

1 — стирающая головка; *2* — записывающая головка; *3* — воспроизводящая головка.

той сердечника. В частности, для записи на магнитном диске, на котором дорожки располагаются по спирали с очень малым шагом, высота сердечника головки составляет 0,4 *мм*, а в аппаратах для записи телевизионных сигналов с поперечной записью — всего лишь 0,25 *мм*.

Ширина рабочей щели, как указывалось выше, фиксируется прокладкой соответствующей толщины. Материал прокладки должен не только быть немагнитным, но и обладать твердостью, во много раз большей твердости материала сердечника. Если материал прокладки обладает недостаточной твердостью, то при обработке рабочей поверхности головки он сминается и получение необходимых четко очерченных граней рабочей щели становится невозможным.

В современных магнитных головках в качестве материала прокладки преимущественно используется фольга из бериллиевой бронзы, толщина которой последовательным прокатом может быть доведена до 4—5 *мк*. Получение более тонкой равнотолщинной фольги вследствие большой твердости этого металла представляет большие трудности.

Поэтому в магнитных головках, предназначенных для записи и воспроизведения очень малых длин волн ($\lambda = 2 \div 3$ *мк*), в последнее время начали использовать тонкий слой моноокиси кремния, обладающего всеми необходимыми свойствами в качестве прокладки в рабочей щели. Слой наносится на торцы сердечников термическим испарением моноокиси кремния в вакууме. Ширина рабочей щели зависит от толщины слоя и может быть сделана сколь угодно малой.

Сердечники магнитных головок, как уже отмечалось, закрепляются в арматуре, обеспечивающей жесткое соединение обеих частей сердечника. Торцовые поверхности сердечников, собранные в арматуре, должны прочно сжимать прокладку в рабочей щели по всей ее поверхности. Очень важно, чтобы взаимное положение сердечников не менялось со временем и от изменения климатических условий.

Закрепление сердечников между двумя немагнитными щеками является наиболее распространенным способом крепления. Он используется не только в головках с кольцевым сердечником (рис. 2), но и в головках с сердечником, показанным на рис. 3,*а*. Однако надо отметить, что такая конструкция крепления обладает невысокой механической прочностью и крайне нестабильна во времени. Большую прочность головкам придает запрессовка сердечников в гетинаксовые или пружинящие металлические рамки (рис. 6,*а* и *б*). Собранный таким образом сердечник либо закрепляется между двумя щеками, которые используются как конструктивный элемент крепления магнитной головки к плате механизма, либо помещается в экран и в нем заливается электроизоляционным компаундом.

Большой механической прочностью обладают сердечники, скрепленные эпоксидной пастой. Сердечники предварительно собираются в приспособлении, где они плотно сжимаются. Далее, в местах стыков торцов сердечника наносится эпоксидная паста (рис. 6,*в*), которая после полимеризации создает прочное соединение обеих половин сердечника. Еще большую механическую прочность приобретают магнитные головки, целиком залитые эпоксидной пастой.

При записи двух дорожек на магнитную ленту высота сердечника головки составляет лишь часть ширины ленты. Поэтому для создания нормального прилегания ленты к рабочей части головки сердечник дополняется немагнитной вставкой до высоты, равной ширине ленты. Износо-

стойкость материала вставки должна быть близкой к износостойкости материала сердечника. В противном случае рабочая поверхность головки будет изнашиваться неравномерно и срок службы головки резко сократится.

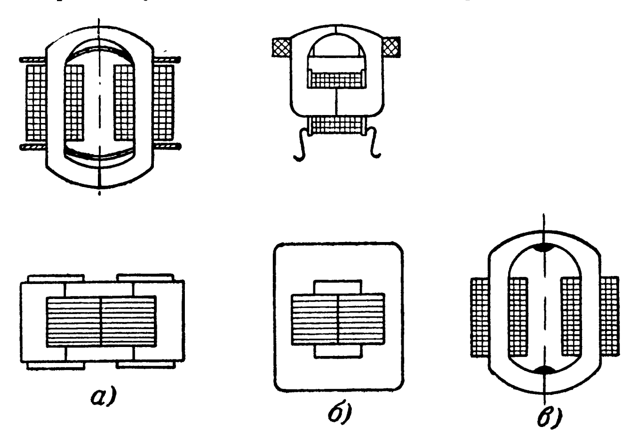


Рис. 6. Крепление сердечников магнитных головок.
а — металлической рамкой; *б* — текстолитовой рамкой; *в* — эпоксидной пастой.

В качестве материала для вставок могут использоваться текстолит или нержавеющая сталь. Латунь и бронза, из которых зачастую изготавливаются вставки, более чем в 2 раза хуже по износостойкости магнитных сплавов.

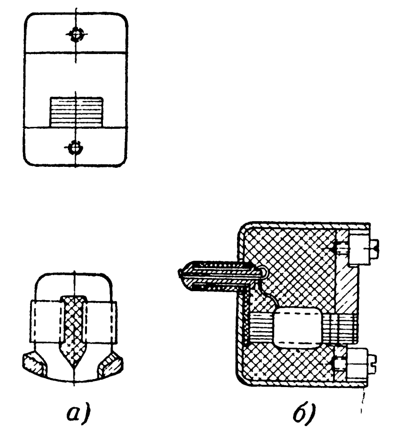


Рис. 7. Двухдорожечная головка.
а — закрепление сердечника в обойме; *б* — крепление головки в экране.

На рис. 7 показано выполнение двухдорожечной головки, в которой роль вставки выполняет специальная обойма с профилем рабочей части головки. Сердечник головки закрепляется в окне обоймы эпоксидной пастой, обрабатывается заодно с ней и вместе с обоймой помещается в экран.

Сердечник головки и арматура должны иметь электрическое соединение с массой аппарата для сте-

кания электрических зарядов, возникающих при трении магнитной ленты по головке.

Арматура, крепящая сердечники магнитных головок для записи или воспроизведения ультразвуковых или более высоких частот, не должна вносить дополнительных потерь. Эти потери возникают из-за вихревых токов, появляющихся в металлической арматуре от магнитных потоков рассеяния. Поэтому металлическую арматуру желательно удалять от сердечников, особенно от областей с наибольшими потоками рассеяния, какими являются обмотки и рабочая щель. Наилучшим креплением сердечников в головках является поэтому крепление с помощью эпоксидной пасты.

ФЕРРОМАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Сердечники магнитных головок для уменьшения потерь на вихревые токи собираются из тонких пластин, изоляцией между которыми являются тонкие слои клея, связывающие отдельные пластины в монолитный сердечник, допускающий последующую механическую обработку. Сердечники магнитных головок изготавливаются преимущественно из железо-никелевых сплавов, обладающих высокой начальной магнитной проницаемостью.

Примерные свойства некоторых наиболее употребительных железо-никелевых сплавов приведены в табл. 1. Первые два сплава отличаются наибольшими значениями магнитной проницаемости, а вторые два при относительно невысокой магнитной проницаемости обладают примерно в 1,5 раза большей величиной удельного электрического сопротивления.

Таблица 1

Свойства железо-никелевых сплавов при толщине листа 0,1—0,19 *мм*

Наименование сплава	Начальная магнитная проницаемость, *гс/э*	Максимальная проницаемость, *гс/э*	Коэрцитивная сила, *э*	Индукция насыщения, *гс*	Удельное электрическое сопротивление, *ом·мм²/м*
80НХС	22 000	100 000	0,03	7 000	0,63
79НМ	18 000	100 000	0,04	7 500	0,55
50НХС	2 500	2 500	0,15	10 000	0,9
38НС	3 000	25 000	0,15	9 500	0,9

Недостатком железо-никелевых сплавов является относительно низкая твердость их, затрудняющая при шлифовке получение строго очерченных, неразмытых граней рабочей щели головки. Практически с этими сплавами удается получать рабочую щель хорошего качества с прокладками не тоньше 5—10 *мк*. Эти сплавы имеют также низкую износостойкость. Кроме того, магнитные свойства железо-никелевых сплавов значительно ухудшаются из-за механических напряжений, неизбежных при сборке и обработке сердечников головок.

В последнее время появились новые сплавы, в значительной степени лишенные недостатков железо-никелевых сплавов. К числу их относится сплав Ю-16 (альфенол), содержащий до 17% алюминия. Магнитные свойства этого сплава достигают следующих значений: начальная проницаемость $\mu_0 = 3\,200$ *гс/э*; максимальная проницаемость $\mu_{макс} = 18\,600$ *гс/э*; коэрцитивная сила $H_c = 0{,}061$ *э*; индукция в поле $H = 8$ *э* равна $B = 5\,070$ *гс*. Удельное электрическое сопротивление достигает 1,5 *ом · мм²/м*. Сплав Ю-16 обладает более высокими механическими свойствами и в то же время легко поддается механической обработке. Повышенная твердость сплава Ю-16 позволяет изготавливать магнитные головки с рабочей щелью менее 5 *мк*.

Сравнительные данные механических свойств железо-никелевых сплавов 80НХС и 38НС и сплава Ю-16 приведены в табл. 2. В последней колонке этой таблицы помещены данные процентного уменьшения магнитной проницаемости из-за сжатия пластин, происходящего при склейке сердечника головки.

Таблица 2

Механические свойства сплавов

Наименование сплава	Износостойкость (в условных единицах)	Уменьшение магнитной проницаемости, %	
		μ_0	$\mu_{макс}$
80НХС	1	63,5	70
38НС	1	27	32
Ю-16	1,42	9	13

Выбор сплава и толщины пластин сердечника определяется наивысшей частотой рабочего диапазона частот магнитной головки. По мере повышения частоты переменного

поля наблюдается уменьшение действующей магнитной проницаемости, обусловленной поверхностным эффектом.

Поверхностный эффект заключается в том, что вихревые токи, возникающие в пластинах, вытесняют переменный магнитный поток из среднего сечения к поверхности пластин, уменьшая таким образом активное сечение сердечника и вместе с ним действующую магнитную проницаемость. Степень влияния поверхностного эффекта на магнитную проницаемость тем больше, чем выше магнитная проницаемость материала, измеренная на постоянном токе. Поэтому магнитная проницаемость первых двух сплавов в табл. 1 изменяется в большей степени от частоты, чем сплавов 50НХС, 38НС и Ю-16. Для уменьшения влияния поверхностного эффекта необходимо уменьшать толщину пластин в сердечнике. Одновременно с этим уменьшаются также потери в сердечнике на вихревые токи, которые в железоникелевых сплавах преобладают над гистерезисными потерями.

Записывающие и воспроизводящие головки, работающие в звуковом диапазоне частот до 10—15 *кгц*, изготавливаются из сплавов 80НХС и 79НМ с толщиной пластин 0,15—0,2 *мм*. Потери на этих частотах относительно невелики (2—4 *дб*), а высокая проницаемость этих сплавов позволяет выполнять магнитные головки с высокой чувствительностью.

Для записи и воспроизведения частот выше 20—30 *кгц*, а также импульсных сигналов целесообразно использовать в головках сплавы 50НХС, 38НС и Ю-16. Чувствительность головок из этих сплавов на повышенных частотах значительно выше, чем головок, изготовленных из первых двух сплавов.

Записывающие и воспроизводящие головки, работающие на высоких частотах, а также стирающие головки стремятся изготавливать из возможно более тонкого материала. Однако существует некоторый практический предел, ниже которого уменьшать толщину пластин нецелесообразно. Во-первых, при очень тонких пластинах затрудняется изготовление сердечника (штамповка, склейка, шлифовка торцовых и рабочей поверхностей), а, во-вторых уменьшается его активное сечение, так как вместе с количеством пластин увеличивается число слоев клея между ними. Уменьшение сечения сердечника приводит к падению чувствительности головок. Поэтому практически толщина пластин не должна быть ниже 0,07—0,08 *мм*.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Процесс изготовления головок складывается из следующих операций: штамповки пластин и их отжига; склейки, сушки и обработки торцовых поверхностей сердечника; намотки катушек; сборки и обработки рабочей поверхности головки.

Пластины вырубаются штампом, обеспечивающим получение изделий без заусениц, вмятин и других дефектов. Перед отжигом они пересыпаются предварительно прокаленным тальком и либо собираются в пакеты, либо помещаются в стальной контейнер. Режим отжига устанавливается соответственно примененному сплаву.

Сердечник склеивается в приспособлении, обеспечивающем одинаковое взаимное положение пластин. Клей БФ-4 наносится на поверхность пластин кистью. После склейки сердечник обжимается в том же приспособлении. Далее, сердечник подвергается сушке в термостате при температуре 150° С в течение 30 *мин* и проходит старение в естественных условиях 5—6 дней.

Более высокие механические свойства приобретает сердечник, склеенный раствором клея, приготовленного на основе эпоксидной смолы. Такой раствор по данным Института звукозаписи содержит 16,5% смолы ЭД-6 (в пересчете на сухую) 1,1% отвердителя (полиэтилен-полиамин), 0,8% изооктилового спирта и 81,6% ацетона.

Набранные в пакет пластины скрепляются тонкой медной проволокой и погружаются в ванну с раствором клея на одну треть линейного размера пластин. В таком состоянии пакет выдерживается в зависимости от размеров пластин 3—15 *мин* (до сплошного заполнения зазоров пакета раствором клея). После этого пакет помещается в зажимное приспособление и подвергается термической обработке в термостате, где температура повышается в течение 75 *мин* от нормальной до 120° С, и при этой температуре пакет выдерживается 45 *мин*.

Торцовые поверхности сердечника обрабатываются в приспособлении — рамке с широкими плоскостями. Обработка производится абразивным инструментом — грубым, средним и тонкозернистым брусками. От тщательности обработки торцовых поверхностей сердечника в значительной степени зависит качество магнитных головок. Наибольшие требования к чистоте обработки возникают при сборке головок с узкими рабочими щелями (5—8 *мк*).

Обмотки в зависимости от конструкции головки выпол-

няются на каркасе или непосредственно на сердечнике, предварительно изолированном лакотканью.

При сборке головок между торцовыми поверхностями сердечника устанавливается немагнитная прокладка с толщиной, соответствующей необходимым размерам рабочей щели. Задний зазор в записывающих головках выполняется воздушным. Сердечник помещается в арматуру и плот-

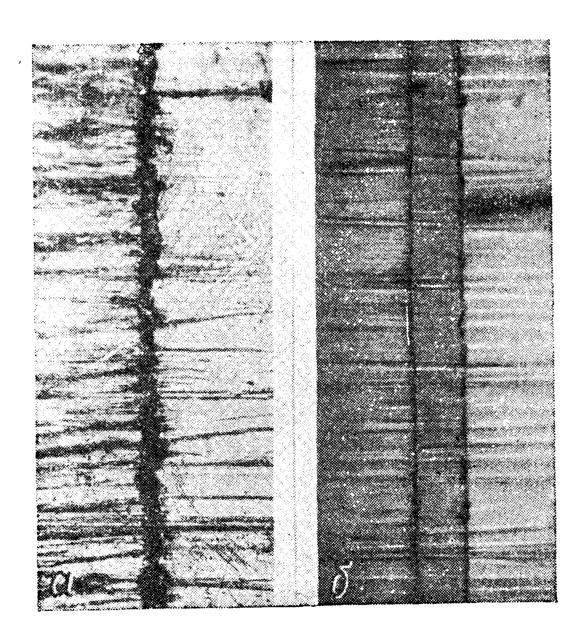


Рис. 8. Микрофотография рабочей щели.
а — плохое качество выполнения; *б* — хорошее качество выполнения.

но сжимается в ней. При склейке сердечника эпоксидной пастой его предварительно сжимают в приспособлении.

Паста для склеивания сердечников (ЭПС-1) по данным Института звукозаписи должна содержать 72% смолы ЭД-6 (в пересчете на сухую), 14% отвердителя (полиэтилен-полиамин) и 14% зубного порошка. Ее наносят на внутренние поверхности сердечника в местах соединения его половин так, чтобы она образовала наплыв. Сразу после нанесения пасты приспособление с сердечником помещается в термостат, температура в котором повы-

шается за 75—90 *мин* до 120° С. При этой температуре сердечники выдерживаются в течение 4—5 *ч*.

Рабочая часть сердечника обрабатывается тем же абразивным инструментом, что и торцовые поверхности сердечников. При обработке используются приспособления, обеспечивающие взаимно-перпендикулярное положение плоскости обработки и основания головки. Головка перемещается по абразиву в том же направлении, в котором будет впоследствии перемещаться носитель записи.

Рабочая поверхность головки после обработки должна быть ровной, без глубоких рисок и забоин. Рабочая щель при рассматривании ее под микроскопом на всем своем протяжении должна иметь резко очерченные края без заусениц. Грани щели должны быть параллельны друг другу. На рис. 8 даны микрофотографии участка рабочей щели головки с плохой (*а*) и хорошей (*б*) обработкой щели.

ФЕРРИТОВЫЕ МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Кроме магнитных сплавов, для изготовления сердечников магнитных головок применяются ферриты, представляющие собой неметаллические соединения окислов железа, никеля, цинка, марганца, меди и других металлов. Исходные вещества после предварительного размельчения смешиваются в определенной пропорции с добавкой пластификатора (чаще всего — парафина). Сердечники необходимой формы прессуются из полученной смеси при удельном давлении порядка 2 $T/см^2$ и обжигаются при температуре 1 200—1 400° С. В зависимости от состава смеси и размеров частиц можно получить различные магнитные свойства. Начальная проницаемость современных ферритов достигает 2 000 *гс/э*, а индукция насыщения — 4 500 *гс*.

Готовые сердечники имеют высокую твердость, лежащую между твердостью топаза и корунда. Поэтому обработка ферритовых сердечников производится корундом или его производными — наждаками, сапфиром и т. п.

В отличие от сердечников из железо-никелевых сплавов ферритовые сердечники нечувствительны к механическим напряжениям, поэтому в готовом изделии ферритовые сердечники по магнитным свойствам немного уступают сердечникам из железо-никелевых сплавов.

Удельное электрическое сопротивление ферритов достигает 10^7 $ом \cdot мм^2/м$, что делает их благодаря малым потерям на вихревые токи особенно пригодными для работы на очень высоких частотах.

Вследствие большой твердости ферритовые сердечники позволяют выполнять магнитные головки с очень узкой рабочей щелью (шириной 1—2 *мк*). Однако отмечено, что, несмотря на высокую прочность феррита, при трении о его поверхность абразивного звуконосителя, каким является магнитная лента, происходит выкрашивание граней рабочей щели. Наибольшему разрушению подвергается грань рабочей щели, с которой звуконоситель сбегает при своем движении по магнитной головке. При малых рабочих щелях даже микроскопическое разрушение граней щели приводит к резкому ухудшению частотной характеристики. Поэтому при больших скоростях движения звуконосителя срок службы головок исчисляется в несколько десятков часов.

Рис. 9. Сердечник из феррита.

1 — феррит; 2 — полюсные накладки из ферромагнитного сплава.

Ферритовые сердечники находят применение для стирающих головок, в которых качество граней рабочей щели не имеет существенного значения. Малые же потери на вихревые токи в этих сердечниках дают экономию в несколько раз (до 10—15 раз — на повышенных частотах) по мощности, потребляемой стирающей головкой от генератора стирания.

Для записи и воспроизведения очень высоких частот (выше 100—200 *кгц*) применяются магнитные головки с комбинированными сердечниками (рис. 9). Основная часть сердечника с целью уменьшения потерь выполняется из феррита, а для увеличения износостойкости на рабочую часть его наклеиваются тонкие полюсные башмаки из магнитного материала, например альфенола.

Целесообразно использовать ферритовые сердечники для записывающих и воспроизводящих головок, работающих на неабразивных звуконосителях, какими являются стальная лента и проволока. Особое удобство дает применение феррита для проволочных головок, работающих на повышенных частотах.

В проволочных магнитных головках проволока проходит по специальной канавке, пропиленной в сердечнике. Эта канавка делается в сплошной пластине, толщина которой, очевидно, должна быть больше диаметра проволоки. Так как в настоящее время преимущественно используется про-

волока диаметром 0,05—0,1 *мм*, то толщина пластины должна быть не менее 0,2—0,3 *мм*. При столь большой толщине магнитного материала в головке возникают значительные потери, ухудшающие частотную характеристику ее в области высоких частот. Ферритовая головка свободна от этого недостатка, а благодаря гладкой полированной поверхности проволоки срок службы ее не меньше, чем у обычных головок из магнитных сплавов.

ДВУХКАНАЛЬНЫЕ И МНОГОКАНАЛЬНЫЕ МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Ниже будут рассмотрены некоторые специальные типы головок, применяющиеся для стереофонической записи, записи телевизионных и импульсных сигналов, а также для других видов записи.

По принципу работы и конструкции эти головки в общем не отличаются от рассмотренных выше магнитных головок. Основное отличие их состоит в способе крепления нескольких отдельных головок в едином блоке и способах экранировки головок между собой, как, например, в многоканальных головках, или же способах взаимодействия головок со звуконосителем в подвижных головках.

Одновременная запись и воспроизведение по нескольким дорожкам (каналам) выполняются многоканальными магнитными головками, содержащими в одном блоке две и более отдельных головок. Блоки изготавливаются жесткой конструкции, исключающей раздельную регулировку отдельных головок. Для того чтобы блоки головок были взаимозаменяемыми, а записи, произведенные на одном аппарате, могли проигрываться на других магнитофонах, в конструкции и технологии изготовления блоков предусматривается возможность получения точного взаимного положения рабочих щелей отдельных головок.

Особенностью многоканальных блоков является также то, что из-за компактного расположения в них магнитных головок между каналами наблюдается взаимовлияние, поэтому в конструкциях многоканальных блоков особое внимание обращается на уменьшение взаимовлияния между каналами.

Взаимовлияние или, как принято называть, переходное затухание оценивается отношением, выраженным в децибелах, напряжения в работающем канале, в котором про-

изведена запись, к напряжению, наводимому им в смежных каналах.

Взаимовлияние между каналами связано с двумя основными причинами. Первой из них является распространение магнитного поля с записанной дорожки за пределы ее. Проникая в расположенную на соседней дорожке воспроизводящую головку, это поле индуктирует в ней э. д. с., являющуюся для данного канала помехой. Взаимовлияние, вызванное этой причиной, возрастает с увеличением длины волны записанного сигнала. По мере увеличения расстояния между смежными дорожками взаимовлияние между каналами уменьшается, притом тем больше, чем меньше длина волны записанного сигнала.

Кроме того, из-за компактного расположения магнитных головок в блоке между ними существует индуктивная и емкостная связь. С целью уменьшения этой связи между головками вводятся экраны. Для того чтобы экраны эффективно действовали во всем рабочем диапазоне частот, они выполняются из нескольких слоев. В таких экранах обычно чередуются слои из магнитного сплава с высокой магнитной проницаемостью со слоями из меди, обладающей хорошей электрической проводимостью.

Экраны из магнитных сплавов имеют хорошие экранирующие свойства на низких частотах, но по мере повышения частоты свойства их ухудшаются из-за снижения магнитной проницаемости. Экранирующее действие медных экранов, напротив, возрастает с увеличением частоты. Сочетание обоих материалов позволяет получить экран, эффективно действующий во всем рабочем диапазоне частот. Свойства экрана значительно ухудшаются, если он изготовлен разрезным. Поэтому нужно отдать предпочтение конструкциям блоков магнитных головок, в которых экран между отдельными головками сплошной.

В радиолюбительской практике наибольшее применение может найти двухканальная магнитная головка для стереофонической записи на магнитную ленту нормальной ширины. ГОСТ 8088-56 нормализует положение дорожек на ленте. Дорожка № 1 (рис. 5) должна содержать запись левого (в направлении от слушателя) канала. Рабочие щели записывающих магнитных головок должны быть расположены на одной прямой, а расстояние между дорожками должно быть не менее 0,75 *мм*.

На рис. 10 приведена фотография магнитной головки для стереофонической записи, сердечники которой изготов-

лены из пластин от кольцевой головки. Перед отжигом в пластинах делаются отверстия, и они изгибаются таким образом, что после склейки отожженных пластин сердечник приобретает вид, показанный на рис. 11. Сердечники вместе с экраном собираются попарно на шпильках и клее. От экрана сердечники отделяются латунными прокладками соответствующей толщины. После обработки торцовых поверхностей сердечники собираются аналогично кольцевым головкам между двумя щеками. Благодаря одновременной обработке торцовых поверхностей сердечников обеих головок в блоке обеспечивается необходимая точность взаимного положения рабочих щелей. Переходное затухание такой головки, измеренное на частоте 1 000 *гц,* составляет 30—35 *дб,* чего вполне достаточно для стереофонической записи.

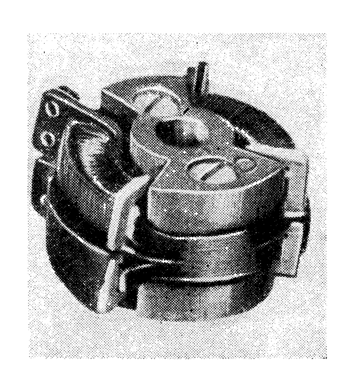


Рис. 10. Магнитная головка для двухканальной записи.

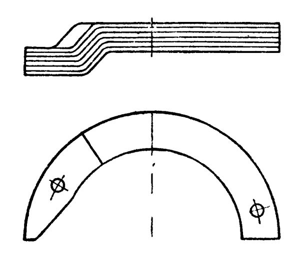


Рис. 11. Сердечник двухканальной головки.

Наибольшее распространение получила конструкция многоканальной головки, состоящей из двух жестких полублоков (рис. 12). Сердечники головок плотно закрепляются в специально профрезерованных пазах полублоков, выполненных из латуни или пластмассы. Торцовые поверхности сердечников шлифуются и притираются в одной плоскости так, что при сборке головки обеспечивается точное расположение рабочих щелей по одной прямой. Оба полублока скрепляются между собой несколькими стяжными винтами.

Магнитные головки разделяются между собой неразрезными многослойными экранами (два слоя медных пластин и одна пермаллоевая пластина). Экраны закрепляются в специальных пазах, профрезерованных в блоках между

головками. По такому принципу могут выполняться многоканальные головки с любым числом каналов (головок), в том числе и двухканальные для стереофонической записи.

Так как сердечники в блоке располагаются на близком расстоянии друг от друга, то оказывается трудным выполнение обмоток с большим числом витков, что особенно желательно для воспроизводящих головок. В двухканальных магнитных головках ценой некоторого усложнения можно увеличить место для обмотки, расположив сердечники в блоке не параллельно друг к другу, а под углом или изогнув их наподобие сердечника, изображенного на рис. 11.

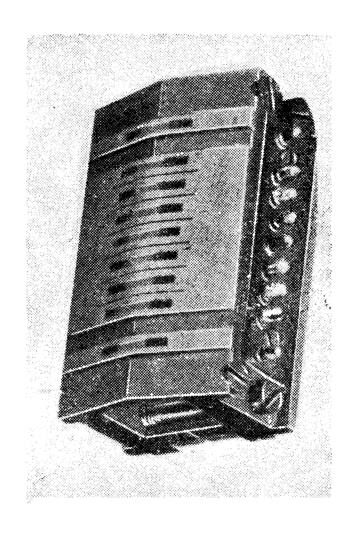


Рис. 12. Девятиканальный блок магнитных головок.

На магнитной ленте нормальной ширины можно записывать две стереофонические программы. Расположение и размеры дорожек для этого случая показаны на рис. 13. Сначала на магнитной ленте двухканальной магнитной головкой записываются первая и третья, а после перестановки кассет — вторая и четвертая дорожки. Левый канал соответствует дорожкам № 1 и 4, а правый — дорожкам № 2 и 3. Высота сердечника головки должна составлять 1,1 *мм,* а расстояние между цент-

Рис. 13. Расположение дорожек для записи двух стереофонических программ на ленте шириной 6,25 *мм.*

рами головок в блоке должно быть 3,45 *мм*. Стирающую головку удобно выполнять также двухканальной с высотой сердечников 1,3 *мм*.

Такая головка, кроме стереофонической, позволяет выполнять и другие виды записи. При параллельном соединении головок в блоке можно вести двухдорожечную запись, а при наличии реверса в лентопротяжном механизме — значительно увеличить использование магнитной ленты путем последовательной записи всех четырех дорожек.

ПОДВИЖНЫЕ МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Вращающаяся магнитная головка. Вращающиеся воспроизводящие головки служат для многократного периодического воспроизведения небольшого участка звуконосителя. Такая необходимость возникает при изучении кратковременных явлений, например при фонетических исследова-

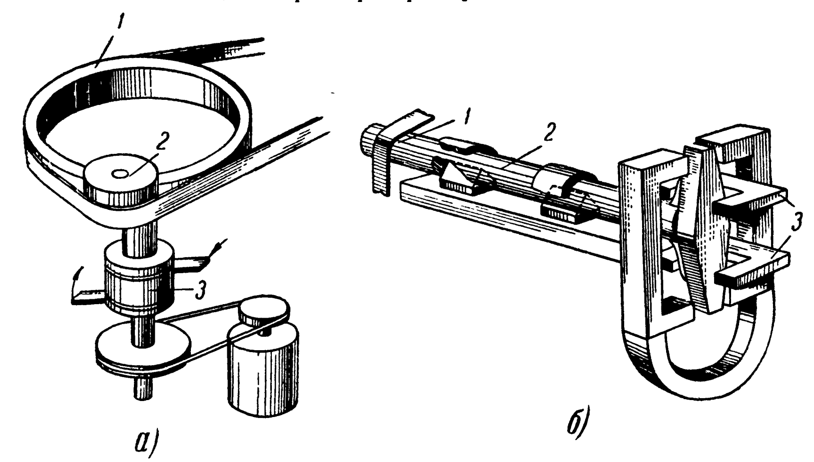


Рис. 14. Подвижные магнитные головки.

а — вращающаяся головка (*1* — диск, *2* — головка; *3* — токосъемник); *б* — качающаяся головка (*1* — головка; *2* — подвижная система; *3* — катушки возбуждения подвижной системы).

ниях. Разновидностью вращающейся головки является устройство для воспроизведения без изменения тональности на скорости, замедленной относительно скорости записи.

Вращающаяся головка представляет собой диск (рис. 14,*а*), на боковой поверхности которого укреплена собственно воспроизводящая магнитная головка. Соединение головки со входом усилителя осуществляется через то-

косъемник, который обычно выполняется контактным (например, кольца—медные, а щетки—графитовые с присадкой свинца или серебра).

Охват диска звуконосителем составляет, как правило, не более 180°. Таким образом, длина воспроизводимого участка при радиусе диска r равна πr, а скорость головки относительно звуконосителя при числе оборотов диска n равна

$$v = \frac{\pi r n}{30}.$$

Частота просмотра участка звуконосителя, равная

$$F = \frac{n}{60},$$

может быть увеличена установкой на диске нескольких головок.

Если одновременно с вращением головки перемещать звуконоситель, то можно подобрать сумму обеих скоростей таким образом, что относительная скорость между головкой и звуконосителем будет равна скорости при записи. Таким образом, при медленном перемещении звуконосителя тональность воспроизводимых сигналов сохраняется неизменной.

Для этих целей используется также вращающаяся головка, содержащая четыре магнитные головки. Каждая головка воспроизводит маленький участок звуконосителя, причем возможно некоторое взаимное перекрытие этих участков. Так как эти участки малы, то ухо воспринимает звучание как непрерывный процесс без существенного ухудшения разборчивости воспроизводимой речи. Благодаря небольшой длине участка его содержание практически одинаково на всем его протяжении. Поэтому совершенно безразлично для качества воспроизводимой речи, совпадает ли направление относительной скорости, создаваемой вращающейся головкой, с направлением скорости во время записи или противоположно ей. По ряду причин предпочтительно используется второй случай, при котором вращение головки совпадает с направлением движения звуконосителя и каждый элемент прочитывается в обратном против записи направлении.

Вращающиеся головки используются также для строчной записи, при которой магнитные дорожки наносятся в поперечном направлении. Достоинством этого способа за-

писи является то, что можно создать высокую относительную скорость между звуконосителем и головками при очень низкой скорости звуконосителя в продольном направлении.

Такая система, в частности используется в одном из аппаратов для магнитной записи телевизионных изображений. В этом аппарате диск, вращающийся со скоростью около 15 000 *об/мин*, несет на себе четыре магнитные головки, скорость которых относительно звукоснимателя равна приблизительно 40 *м/сек*; в то же время скорость перемещения звуконосителя в продольном направлении составляет всего лишь 38 *см/сек*.

Качающаяся магнитная головка. Качающиеся головки, точно так же как и вращающиеся, служат для создания относительной скорости между головкой и звуконосителем независимо от скорости последнего. Схематическое устройство качающейся головки показано на рис. 14,*б*.

Магнитная головка приводится в колебательное движение вибратором, возбуждаемым электромагнитом. Относительная скорость, создаваемая такой головкой, изменяется по синусоидальному закону и равна произведению амплитуды линейного перемещения головки на угловую частоту колебаний вибратора.

Качающаяся головка вносит значительные искажения в воспроизводимый сигнал. Поэтому в таком простейшем виде она используется в ограниченных случаях, например для обнаружения сигналов (в частности, импульсных) при медленном перемещении или неподвижном звуконосителе.

Качающиеся головки с более сложными механическими системами используются для компенсации неравномерности скорости движения звуконосителя. Механическая система в этом случае должна обладать хорошей линейностью, т. е. изменениям тока в обмотке электромагнита, передвигающего головку, должны соответствовать пропорциональные перемещения магнитной головки. Компенсация изменения скорости звуконосителя достигается сочетанием механической системы с электронной схемой (рис. 15) авторегулирования.

На подвижной механической системе укреплены две магнитные головки, одна из которых служит для записи и воспроизведения основной информации, а вторая — вспомогательная для записи и воспроизведения контрольной частоты. Фаза этого сигнала сравнивается в фазовом дискриминаторе с фазой контрольной частоты стабильного

генератора. При рассогласовании фаз из-за изменения скорости звуконосителя на выходе дискриминатора появляется напряжение, пропорциональное величине этого рассогласования.

Напряжение с выхода дискриминатора усиливается и подается в обмотку электромагнита таким образом, что перемещение вибратора с головкой компенсирует изменение скорости звуконосителя. Так как подвижная

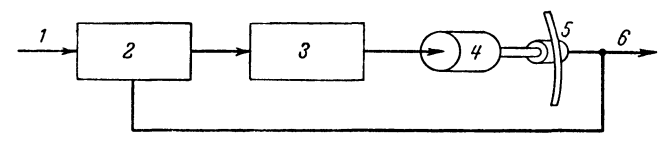


Рис. 15. Схема включения подвижной головки.

1 — сигнал от стабильного генератора; *2* — фазовый дискриминатор; *3* — усилитель; *4* — подвижная система головки; *5* — магнитная головка; *6* — воспроизводимая контрольная частота.

система может быть выполнена легкой, то она способна обеспечивать компенсацию относительно высоких частот колебаний скорости звуконосителя.

Следует заметить, что данная система может нормально работать при неизменной средней скорости звуконосителя. Поэтому качающиеся головки с авторегулированием применяются в аппаратах, в которых обеспечена тем или иным способом неизменность средней скорости.

УСТАНОВКА МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Качественные показатели аппаратов магнитной записи зависят от того, насколько правильно установлены магнитные головки между собой, относительно магнитной ленты и лентопротяжного механизма. В качестве примера рассмотрим, как правильно устанавливать головки в магнитофонах, предназначенных для записи звука.

В ГОСТ 8088-56 для магнитофонов групп 19, 9 и 5 нормализуется намотка магнитной ленты на кассеты рабочей стороной внутрь рулона. Если при этом соблюдать рекомендованное предпочтительное направление вращения сматываемой (во время записи-воспроизведения) кассеты против часовой стрелки, то магнитные головки должны располагаться на магнитофоне так, чтобы их рабочие поверхности были обращены к оператору.

Рабочая поверхность головок в этом случае легко доступна для наблюдения и очистки ее от скопления пыли и

грязи. Кроме того, магнитные головки оказываются повернутыми к основным источникам помех в магнитофоне (электродвигатели, электромагниты) своей задней частью, хорошо защищенной магнитным экраном. Таким образом, это расположение имеет некоторые преимущества и в отношении уменьшения влияния на головки внешних магнитных полей.

Во время записи и воспроизведения необходимо, чтобы магнитная лента плотно прилегала к головкам. От плотности контакта между ними в значительной степени зависят

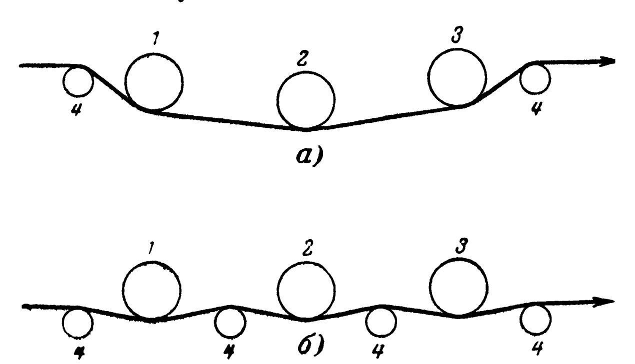


Рис. 16. Расположение магнитных головок.

1 — стирающая головка; 2 — записывающая головка; 3 — воспроизводящая головка; 4 — направляющие колонки.

надежность воспроизведения высоких частот и величина паразитной амплитудной модуляции сигнала. Обычно магнитные головки устанавливаются так (рис. 16,*а*), чтобы магнитная лента охватывала рабочую поверхность головки по дуге, симметрично расположенную относительно рабочего зазора. Длина контакта ленты с головкой должна составлять около 2—4 *мм*. Магнитные головки иногда располагаются и на одной прямой, а необходимый угол охвата их лентой создается направляющими колонками, установленными между головками (рис. 16,*б*).

Для плотного соприкосновения магнитной ленты с головками необходимо, чтобы она оказывала некоторое давление на рабочую поверхность головки. Обычно это достигается натяжением магнитной ленты (порядка 100—200 *Г*) при сматывании ее из рулона. В магнитофонах с малой скоростью (9,53 *см/сек* и ниже) магнитная лента часто прижимается к головкам либо легко катящимися роликами

из мягкой резины (рис. 17,*а*), либо прижимами из фильца (рис. 17,*б*). Во избежание повышенного износа давление их на головки не должно превышать 10—15 *г*. Прижимные устройства несколько усложняют магнитофон, так как возникает необходимость отвода их при зарядке и перемотке ленты.

Рабочие поверхности и щели магнитных головок, установленных в магнитофоне, должны занимать правильное положение относительно платы лентопротяжного механизма и магнитной ленты. Для того чтобы магнитная лента не испытывала поперечных изгибов и плотно прилегала к магнитным головкам, рабочие поверхности должны быть параллельны друг другу и остальным деталям, с которыми лента находится в соприкосновении. Рабочие поверхности головок должны также занимать правильное положение по ширине ленты. Особенно важно это при двухдорожечной записи, так как неправильное положение головок в этом случае может привести к увеличению взаимовлияния между дорожками.

Для установки головок по ширине ленты удобно пользоваться способом, дающим возможность наблюдать видимую картину магнитного поля. «Проявляется» магнитная запись суспензией, состоящей из легко испаряемой жидкости, например чистого бензина или гептана, в которой во взвешенном состоянии находится тонкий порошок карбонильного железа. Частицы карбонильного железа в суспензии, нанесенной на ленту, под действием магнитного поля ленты располагаются по направлению магнитных силовых линий, образуя видимую картину, по которой легко определить положение головок относительно ленты.

Обе эти установки головок не требуют высокой точности и могут выполняться без специальных механических ре-

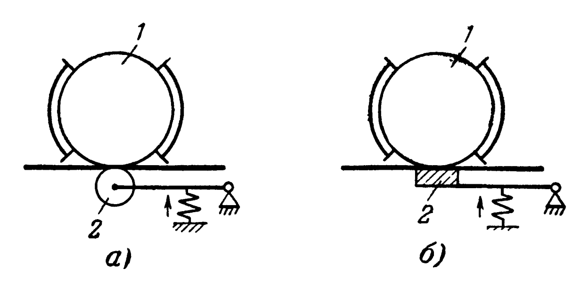
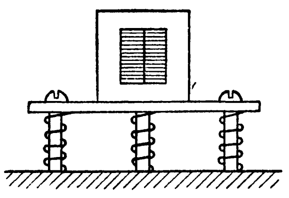


Рис. 17. Прижимы ленты к головкам.
1 — магнитная головка; *2* — ролик; *3* — фильц.

гулировочных приспособлений, например путем подкладывания под головки пластин, колец и т. д. Установка рабочих щелей записывающих и воспроизводящих головок параллельно друг другу и под углом 90° по отношению к краю ленты, напротив, требует большой точности. Это необходимо прежде всего для того, чтобы запись на всех магнитофонах велась одинаково.

Установка головок выполняется механическими регулировочными приспособлениями, называемыми иногда «качелями». Магнитная головка, укрепленная на этом приспособлении к плате механизма, может поворачиваться так, что ее рабочая щель, перемещаясь в плоскости ленты, меняет угловое положение относительно края ленты.



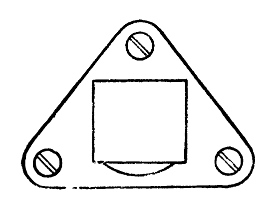


Рис. 18. Регулировочное приспособление для установки положения магнитной головки.

Существует множество различных конструкций регулировочных приспособлений. В качестве примера на рис. 18 приведена конструкция приспособления выполняющего все необходимые установки магнитной головки. Головка укреплена на пластине, которая удерживается на плате механизма с помощью трех пружин и винтов. При одинаковом вращении всех винтов пластина перемещается вверх или вниз, чем достигается установка рабочей поверхности головки по ширине ленты. Вращением заднего винта выполняется установка рабочей поверхности головки параллельно остальным головкам и деталям лентопротяжного механизма и, наконец, регулировкой передних витков достигается установка рабочей щели головки.

Правильность установки рабочих щелей магнитных головок наиболее легко контролируется измерительными лентами (тестфильмами), содержащими высокочастотную запись специально для установки рабочих щелей. При воспроизведении тестфильма устанавливается щель воспроизводящей головки, правильному положению которой соответствует максимальный выходной уровень. Следует обратить внимание на то, что при вращении регулировочного винта установки рабочей щели может наблюдаться несколь-

ко максимумов выходного напряжения, но правильному положению соответствует только наибольший из них. Далее, тестфильм снимается, и на другой магнитной ленте записывается та же или более высокая частота, чем имевшаяся на тестфильме. Положение записывающей головки регулируется таким образом, чтобы при воспроизведении выходное напряжение достигло максимальной величины.

При отсутствии тестфильма можно рекомендовать следующий несложный способ установки рабочих щелей перпендикулярно краю ленты. Произвольно установленной записывающей головкой записывается частота (рис. 19,*а*). После этого записывающая головка переключается на вход усилителя воспроизведения, а магнитная лента переворачивается обратной стороной к головкам (рис. 19,*б*). Вращением регулировочного винта записывающей головки устанавливается максимальное выходное напряжение и одновременно замечается необходимое для этого перемещение головки из первоначального положения в новое. Если затем возвратить головку на половину замеченного перемещения, то ее рабочая щель займет правильное положение относительно края ленты. По правильно установленной записывающей головке не представляет труда отрегулировать положение рабочей щели воспроизводящей головки.

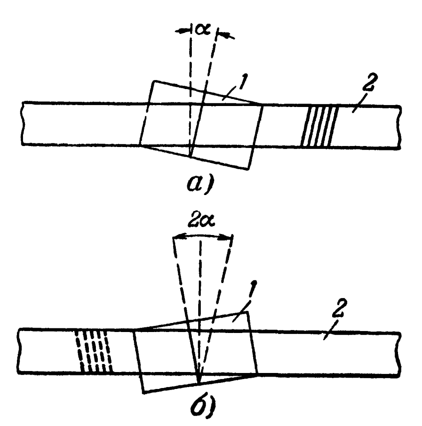


Рис. 19. Установка рабочей щели головки перпендикулярно краю ленты.
1 — магнитная головка; *2* — магнитная лента.

Силовые устройства в магнитофоне, в том числе электродвигатели, тормозные электромагниты, трансформаторы, создают значительные по напряженности магнитные поля. Воздействуя на магнитные головки, эти поля наводят в них э. д. с. помехи, величина которой может быть сравнима с полезным сигналом или даже превышать его.

Если в магнитофоне имеется несколько источников помех, то суммарное воздействие их на магнитную головку можно несколько уменьшить взаимной компенсацией по-

лей. Практически это выполняется путем последовательного переключения в различных комбинациях концов обмоток источников помех до тех пор, пока на выходе усилителя воспроизведения не будут отмечены минимальные помехи.

Однако удовлетворительного отношения полезного сигнала к шуму можно достигнуть лишь тщательным экранированием магнитных головок, особенно воспроизводящей, уровень полезного сигнала которой крайне низок. Экраны изготавливаются из магнитных сплавов, обладающих высокой начальной проницаемостью, например 79НМ или 80НХС (табл. 1). Толщина экрана должна составлять 0,5—1 *мм*. Экраны для воспроизводящих головок выполняются двух- или трехслойными. Стыкующиеся части экранов плотно пригоняются друг к другу, так как даже небольшие щели между ними значительно ухудшают свойства экрана. Наиболее уязвимым местом для проникновения внешних полей является вырез в экране, открывающий доступ к рабочей поверхности головки. Хорошо защищает экран, в котором рабочая поверхность головки закрывается плотно притертой крышкой с узкими щелями для входа и выхода магнитной ленты, открывающейся для ее зарядки.

Записывающие головки менее подвержены влиянию внешних полей, поэтому они защищаются обычно однослойными экранами из магнитного сплава. Стирающие головки, напротив, сами являются источниками помех из-за значительного магнитного поля, создаваемого ими. Так как стирающие головки питаются током относительно высокой частоты, то более эффективные результаты дают медные экраны. Возникающие в этих экранах вихревые токи уменьшают поля рассеяния стирающей головки за пределами экрана.

ГЛАВА ВТОРАЯ
ПАРАМЕТРЫ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

ЗАПИСЫВАЮЩАЯ МАГНИТНАЯ ГОЛОВКА

Электрический ток, проходящий через обмотку записывающей головки, создает в ее сердечнике магнитный поток. Часть этого потока, называемого потоком рассеяния, замыкается по воздуху, минуя сердечник головки. Основной магнитный поток, пронизывающий рабочую щель, создает внутри нее поле H_0, а над щелью — поле записи или

рабочее поле $H_р$, напряженность которого находится в прямой зависимости от поля в щели головки.

Напряженность рабочего поля быстро убывает от граней рабочей щели в направлении движения звуконосителя и несколько медленнее в плоскости, перпендикулярной этому направлению, т. е. по толщине звуконосителя. Таким образом, звуконоситель, имеющий определенную толщину, намагничивается неравномерно, а именно, поверхностные слои ленты, прилегающие к рабочей поверхности головки, намагничиваются более сильно, чем слои, удаленные от нее. Средняя напряженность рабочего поля для некоторой площади $s = ba$, расположенной перпендикулярно направлению движения ленты, где b — ширина ленты, а a — ее толщина, будет зависеть только от толщины ленты, поскольку по всей ширине ленты для определенного расстояния от рабочей части головки величина напряженности поля одинакова.

Во время записи в обмотку записывающей головки одновременно с током записываемого сигнала подается ток подмагничивания, поэтому рабочее поле является суммой полей от обоих токов.

Остаточный магнитный поток, возникающий в звуконосителе под действием поля записывающей головки, зависит не только от напряженности поля, но и от магнитных свойств звуконосителя. Практически очень трудно из сквозной характеристики, полученной в результате воспроизведения, выделить то, что свойственно только записывающей головке. Поэтому свойства записывающих головок оцениваются экспериментально и связываются с условиями, при которых они были получены (скорость и тип звуконосителя). Однако все же можно установить некоторые требования, относящиеся исключительно к параметрам записывающих головок, которые следует учитывать при их использовании и конструировании.

Начнем с того, что между током через обмотку записывающей головки и напряженностью рабочего поля должна существовать строгая пропорциональность. Следует заметить, что это требование практически легко выполняется и сами записывающие головки вносят крайне малые нелинейные искажения. Основной причиной появления искажений в процессе записи обычно бывает неправильно установленный режим записи.

Коэффициент пропорциональности между током и напряженностью поля, называемой обычно чувствительностью

записывающей головки, для лучшего использования тока записи должен быть возможно бóльшим. Выполнение этого требования особенно важно в малогабаритных батарейных магнитофонах, в которых величина тока записи часто ограничивается источниками питания.

Записывающая головка должна обладать возможно малыми электрическими потерями, так как они уменьшают напряженность рабочего поля по мере увеличения частоты, а следовательно, ухудшают частотную характеристику головки. И, наконец, обмотка записывающей головки должна обладать определенными электрическими данными.

Для правильного выполнения записывающей головки необходимо знать, какое влияние оказывают на ее основные параметры свойства сердечника и его размеры. Предварительно следует обратить внимание на то, что параметры записывающей головки определяются по току в ее обмотке. Причина состоит в том, что магнитный поток Ф в сердечнике связан простой зависимостью с током через обмотку, т. е.

$$\Phi = k_1 \frac{Iw}{R},$$

в то время как связь его с напряжением зависит от частоты сигнала, т. е.

$$\Phi = k_2 \frac{U}{wf},$$

где I — ток через обмотку;

w — число витков в обмотке;

R — магнитное сопротивление сердечника головки, включая сопротивление воздушных зазоров;

U — напряжение, подводимое к головке;

f — частота подводимого напряжения.

Поэтому пользование параметрами, выраженными через ток, значительно удобнее.

Чувствительность записывающей головки $K_{з\,г}$ определяется отношением средней напряженности рабочего поля $H_р$ к току I через ее обмотку, т. е.

$$K_{з.г} = \frac{H_р}{I}.$$

Между средней напряженностью рабочего поля и полем в рабочей щели головки существует прямая зависимость:

$$H_р = cH_0,$$

где коэффициент c зависит от ширины рабочей щели δ_1 и толщины звуконосителя a, связь между которыми представлена графически на рис. 20.

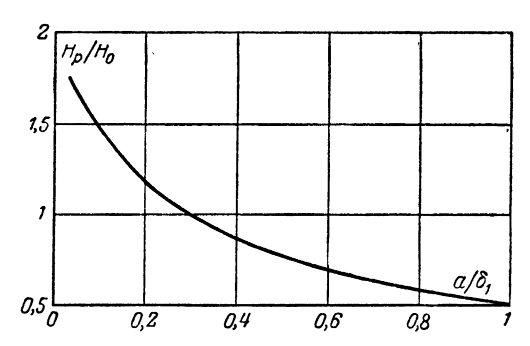


Рис. 20. Зависимость отношения средней напряженности рабочего поля к напряженности поля в цепи головки от толщины ленты, выраженной в долях длины рабочей щели.

Напряженность поля в рабочей щели головки может быть приближенно найдена по формуле, вытекающей из закона Ома для магнитной цепи:

$$H_0 = \frac{4\pi wI \cdot 10^{-3}}{s_1\left(\frac{\delta_1}{s_2} + \frac{l}{\mu s_2} + \frac{\delta_2}{s_2}\right)},$$

где $s_1 = ht$ — площадь поперечного сечения сердечника в рабочей щели, *мм*²;
s_2 — площадь поперечного сечения сердечника, *мм*²;
l — средняя длина магнитной силовой линии сердечника, *мм*;
w — число витков обмотки;
μ — магнитная проницаемость сердечника;
I — ток через обмотку, *ма*;
δ_1 — ширина рабочей щели, *мм*;
δ_2 — ширина заднего зазора, *мм*;
h — высота сердечника, *мм*;
t — глубина рабочей щели, *мм*.

Подставляя последовательно в основное выражение для чувствительности головки значения $H_р$ и H_0, окончательно получим:

$$K_{з.г} = c \frac{4\pi w \cdot 10^{-3}}{s_1 \left(\frac{\delta_1}{s_1} + \frac{l}{\mu s_2} + \frac{\delta_2}{s_2} \right)}.$$

Для сравнения записывающих головок с различным числом витков удобнее выражать чувствительность не через величину тока, а через число ампер-витков (*ав*). Например, чувствительность кольцевой записывающей головки $K_{з.г}$ (см. рис. 1), у которой $\delta_1 = 0{,}03$ *мм*, $\delta_2 = 0{,}4$ *мм*, $s_1 = 7 \times 0{,}8 = 5{,}6$ *мм*^{2}, $s_2 = 7 \times 3{,}6 = 25{,}2$ *мм*^{2}, $w = 300$ витков и $\mu = 10\,000$ *гс/э*, при толщине ленты 0,015 *мм* равна 28,2 *э/ма*, или 0,4 *э/ав*.

Так как магнитное сопротивление заднего зазора существенно больше сопротивления самого сердечника, то магнитная проницаемость материала последнего мало влияет на чувствительность записывающей головки. Так, при уменьшении магнитной проницаемости до $\mu = 1\,000$ *гс/э* чувствительность головки в приведенном выше примере снижается всего лишь на 15%. Поэтому записывающие головки могут выполняться из магнитных материалов с относительно невысоким значением магнитной проницаемости.

На чувствительность записывающей головки значительное влияние оказывают размеры заднего зазора. Этот зазор вводится для уменьшения остаточной намагниченности сердечника головки, которая может возникнуть вследствие нестационарных процессов при включении и выключении магнитофона, а также с целью уменьшения паразитной амплитудной модуляции записанного сигнала.

Основными источниками паразитной амплитудной модуляции являются неоднородность магнитных свойств звуконосителя, а также переменный магнитный контакт между головкой и звуконосителем из-за недостаточного прижима или плохого качества поверхности звуконосителя. Так как участок звуконосителя, шунтирующий рабочую щель, входит в общую магнитную цепь головки, то изменение магнитного сопротивления его приводит к изменению потока в сердечнике и рабочего поля головки. Таким образом, если в силу каких-либо причин нарушается контакт между головкой и звуконосителем, то напряженность поля, намагничивающего звуконоситель, уменьшается одновременно по

двум причинам, а именно: из-за удаления звуконосителя от рабочей поверхности головки и снижения общей напряженности рабочего поля, вызванного падением потока в сердечнике головки. Вследствие действия этих двух причин намагниченность звуконосителя резко уменьшается.

Задний зазор в головке значительно увеличивает общее сопротивление магнитной цепи, благодаря чему изменения, вызываемые звуконосителем, мало влияют на магнитный поток в сердечнике головки. Длину заднего зазора жела-

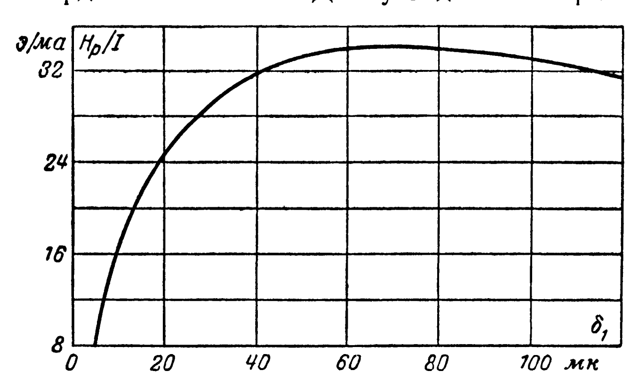


Рис. 21. Влияние ширины рабочей щели на чувствительность кольцевой записывающей головки.

тельно устанавливать порядка 3—4 *мм*, но так как при этом значительно уменьшается чувствительность головки, то практически величина заднего зазора устанавливается равной 0,1—0,4 *мм*, что считается удовлетворительным решением вопроса.

Чувствительность записывающей головки в значительной степени зависит от геометрических размеров рабочей щели. Она повышается с уменьшением глубины рабочей щели. Этим объясняется наблюдаемое обычно увеличение чувствительности головки по мере износа рабочей части ее сердечника.

С увеличением ширины рабочей щели чувствительность головки возрастает (рис. 21). Однако вместе с этим ухудшается ее частотная характеристика. В этом отношении имеется некоторое противоречие между чувствительностью головки и ее частотной характеристикой.

Частотная характеристика записывающей головки при записи с высокочастотным подмагничиванием не связана прямо с шириной рабочей щели. В этом случае основную

роль играет градиент магнитного поля, характеризующий крутизну спадания поля у грани щели, с которой сходит звуконоситель. Градиент поля в значительной степени зависит от качества выполнения рабочей щели. Затягивание рабочей щели магнитным материалом при обработке рабочей поверхности головки, а также закругление граней щели приводит к резкому уменьшению градиента поля и вследствие этого к ухудшению частотной характеристики записи.

Влияние ширины рабочей щели записывающей головки на частотную характеристику сказывается в виде последовательно чередующихся минимумов и максимумов. Минимумы возникают на частотах, при которых ширина рабочей щели записывающей головки становится примерно равной целому числу длин волн записываемого сигнала. На частотах, соответствующих области минимумов, возникают сильные искажения формы кривой напряжения при воспроизведении. Глубина минимумов зависит от величины тока подмагничивания, а именно; по мере увеличения его глубина уменьшается.

По этим причинам ширину рабочей щели записывающей головки выбирают таким образом, чтобы частота первого минимума лежала несколько выше (примерно в 1,4 раза) верхней частоты рабочего диапазона магнитофона. Так как первый минимум возникает при равенстве ширины рабочего зазора длине волны записываемого сигнала, то условие для выбора ширины рабочей щели может быть представлено в следующем виде:

$$\delta_1 \approx 0{,}7\frac{v}{f_в},$$

где v — скорость звуконосителя;

$f_в$ — верхняя частота рабочего диапазона магнитофона.

Исходя из этого условия, можно рекомендовать размеры рабочей щели, приведенные в табл. 3.

Электрические параметры обмотки записывающей головки определяют условия работы и согласования ее с усилителем записи и генератором подмагничивания.

Записывающую головку можно представить электрической схемой замещения, в которой параллельно индуктивности головки присоединены собственная емкость обмотки C_0 и сопротивление $R_п$, представляющее собой эквивалент активных потерь в сердечнике и обмотке головки.

Таблица 3

Рекомендуемые размеры рабочих щелей записывающих головок

Размеры	Скорость магнитной ленты, *см/сек*				
	76,2	38,1	19,05	9,53	4,76
	Верхняя рабочая частота, *гц*				
	15 000	15 000	10 000	6 000	4 500
Ширина щели, *мк*	30—35	18—20	10—15	8—10	7—8
Глубина щели, *мм*	0,8—1	0,8—1	0,6—0,8	0,5—0,6	0,5—0,6

Индуктивность L (*гн*) записывающей головки с числом витков w приближенно может быть вычислена по формуле

$$L = \frac{4\pi w^2}{\frac{\delta_1}{s_1} + \frac{\delta_2}{s_2} + \frac{l}{\mu s_2}}.$$

Емкость C_0 представляет собой эквивалент распределенной междувитковой емкости и емкости обмотки относительно сердечника головки. Полное сопротивление такого контура достигает наибольшей величины на резонансной частоте, определяемой параметрами головки L и C_0, и, как известно, численно равно при этом параллельному сопротивлению потерь $R_п$. На этом принципе и основан, в частности, метод измерения этих потерь, приводимый ниже.

Собственная емкость C_0 головки создает утечку тока, протекающего через ее обмотку. Это наиболее заметно обнаруживается для тока подмагничивания, частота которого в несколько раз больше наивысшей частоты тока записи. Поэтому записывающие головки выполняются с малой индуктивностью, чтобы резонансная частота полного сопротивления была много выше частоты тока подмагничивания. Мощность (*вт*), потребляемая записывающей головкой от источника (усилитель записи или генератор подмагничивания), вычисляется по следующей формуле:

$$P = \frac{U^2}{R_п} \ [вт],$$

где U — напряжение сигнала записи (подмагничивание), *в*;
$R_п$ — параллельное сопротивление потерь на частоте сигнала записи (подмагничивания), *ом*.

Наибольшую составляющую в параллельном сопротивлении потерь имеют потери в сердечнике головки на вихревые токи. Эти потери зависят от действующей частоты, толщины ферромагнитного материала, его удельного электрического сопротивления и объема ферромагнитного материала в сердечнике. Для уменьшения потерь сердечники записывающих головок изготавливаются из тонких листов магнитных сплавов, а для головок, работающих на повышенных частотах, выбираются сердечники возможно меньших размеров.

Режим записи зависит от параметров записывающей головки и свойств звуконосителя, поэтому он устанавливается для каждого типа звуконосителя. Очень важно правильно выбрать режим записи, который влияет на нелинейные искажения, динамический диапазон и частотную характеристику, т. е. на основные параметры магнитофона. Выбор режима записи выполняется опытным путем и сводится к отысканию наивыгоднейших величин токов подмагничивания и записи.

Для выбора тока подмагничивания записывается частота 400—800 *гц*, уровень которой должен составлять 30—50% нормального тока записи. По мере увеличения тока подмагничивания (при постоянном токе записи) уровень воспроизводимого сигнала возрастает, а при токе, называемом оптимальным, он достигает наибольшей величины. Дальнейшее увеличение тока подмагничивания приводит к уменьшению уровня воспроизводимого сигнала (рис. 22). Одновременно изменяются нелинейные искажения и модуляционный шум, т. е. шум, сопровождающий сигнал.

Минимальные нелинейные искажения по третьей гармонике, которые преобладают при магнитном способе записи, соответствуют току подмагничивания, меньшему оптимального. Величина тока подмагничивания, необходимая для получения минимальных нелинейных искажений, зависит от тока записи, а именно: чем выше уровень записи, тем меньше должен быть ток подмагничивания.

Модуляционный шум, напротив, достигает минимальной величины при токе подмагничивания, большем оптимального. Следовательно, нельзя установить ток подмагничивания таким, чтобы одновременно выполнялись условия максимального выходного напряжения, минимальных нелинейных искажений и модуляционных шумов.

Установка тока подмагничивания по минимальным нелинейным искажениям не используется вследствие неустойчивости этого режима записи и значительного уровня шумов, свойственных ему. К тому же минимум нелинейных искажений наблюдается только на сравнительно низких частотах записи.

Обычно принято устанавливать ток подмагничивания по максимальному выходному напряжению, т. е. устанавливать оптимальный ток. Этому, в частности, способствуют простота и надежность самого способа определения тока подмагничивания. Однако целесообразнее ток подмагничивания выбирать несколько больше оптимального, а именно такой, при котором уровень воспроизводимого сигнала уменьшается на 1,5—2 *дб*. Такому режиму записи свойственны малые модуляционные шумы, так как возможные нарушения контакта между звуконосителем и лентой в меньшей степени оказывают влияние на качество записи.

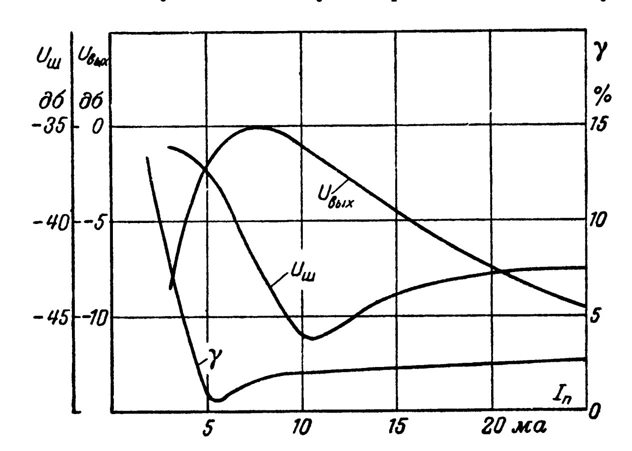


Рис. 22. Зависимость отдачи U, модуляционного шума $U_ш$ и нелинейных искажений γ на частоте 400 *гц* от тока подмагничивания $I_п$.

Величина тока подмагничивания оказывает также влияние на частотную характеристику. С увеличением тока подмагничивания наблюдается спад частотной характеристики в области высоких частот. Таким образом, последний режим записи в отношении частотной характеристики немного уступает режиму с оптимальным током подмагничивания.

Следует заметить, что по мере повышения частоты тока записи для каждой частоты можно найти ее оптимальный ток подмагничивания, который тем меньше, чем выше частота сигнала. Выбирая оптимальный ток на высокой частоте сигнала, можно улучшить частотную характеристику. Таким способом пользуются, если решающее значение имеет только частотная характеристика, а на низких и средних частотах могут быть допущены значительные нелинейные искажения.

Выбор наивыгоднейшей величины тока записи производится следующим образом. Для тока записи находится максимальная величина, при которой остаточный магнитный поток в звуконосителе достигает установленной нормы. Для магнитофонов 1-й группы принят уровень тока записи, соответствующий эффективному значению остаточного потока ленты 100 *ммкс*, а для магнитофонов 2—4-й групп—160 *ммкс*. При этом нелинейные искажения по третьей гармонике, свойственные магнитной ленте типа 1, при остаточном потоке 100 *ммкс* равны 3%, а для ленты типа 2—1 и 2% соответственно при 100 и 160 *ммкс*.

Максимальный ток записи определяется с помощью измерительных лент (тестфильмов). Измерительная лента РТ-76-У для магнитофонов со скоростью 76,2 *см/сек* содержит запись частоты 400 *гц* с эффективным значением остаточного потока, равным 50 *ммкс*. Измерительные ленты РТ-38-У и РТ-19-У для скоростей ленты 38,1 и 19,05 *см/сек* также содержат запись частоты 400 *гц*, а измерительная лента РТ-9-У для скорости 9,53 *см/сек* содержит запись частоты 200 *гц*. Эффективное значение остаточного магнитного потока для всех трех лент равно 80 *ммкс*.

Максимальный ток записи определяется в следующем порядке. Первоначально проигрывается измерительная лента и отмечается уровень выходного напряжения. Затем записывается сигнал той же частоты, что и у записи на измерительной ленте. Ток записи устанавливается таким, чтобы выходное напряжение при воспроизведении стало равным напряжению, отмеченному при проигрывании измерительной ленты. Так как эффективное значение остаточного потока измерительной ленты вдвое меньше установленной максимальной величины, то максимальный ток записи будет равен удвоенной величине тока, найденного при этих измерениях.

ВОСПРОИЗВОДЯЩАЯ МАГНИТНАЯ ГОЛОВКА

Качественные показатели сквозного канала (запись-воспроизведение) в значительной степени зависят от свойств воспроизводящей головки. Поэтому к ней предъявляются несравненно более жесткие требования, нежели к записывающей головке.

Основными параметрами воспроизводящей головки являются отдача, частотная характеристика и электрические свойства ее обмотки.

Отдачей воспроизводящей головки называется напряжение, развиваемое ею в режиме холостого хода при воспроизведении записи максимального уровня (т. е. записи, сделанной с максимальным током записи).

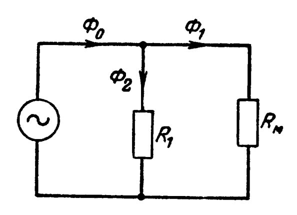


Рис. 23. Схема замещения магнитной цепи воспроизводящей головки.

Воспроизводящая головка является генератором напряжения, возбуждаемым переменным магнитным потоком, проникающим в сердечник головки из движущегося мимо звуконосителя. Поток Φ_0, создаваемый намагниченным звуконосителем в сердечнике воспроизводящей головки, делится на два потока, а именно: поток Φ_1, сцепляющийся с витками обмотки, и поток Φ_2, непосредственно замыкающийся через рабочую щель. На основании этого магнитную цепь воспроизводящей головки можно представить схемой замещения, изображенной на рис. 23.

Из этой схемы следует, что поток в сердечнике будет определяться выражением

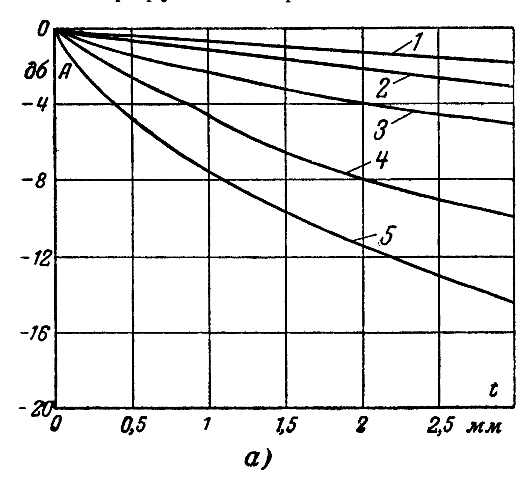
$$\Phi_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_м} \Phi_0 = A\Phi_0,$$

где A — коэффициент шунтирования;
R_1 — магнитное сопротивление рабочей щели;
$R_м$ — магнитное сопротивление сердечника головки.

Коэффициент шунтирования определяет степень использования магнитного потока звуконосителя и является как бы магнитным к. п. д. воспроизводящей головки.

Коэффициент шунтирования зависит исключительно от магнитной проницаемости материала сердечника и геометрических размеров головки (в первую очередь—от размеров рабочей щели и заднего зазора).

Для кольцевой воспроизводящей головки влияние геометрических размеров рабочей щели на коэффициент шунтирования иллюстрируется на рис. 24.



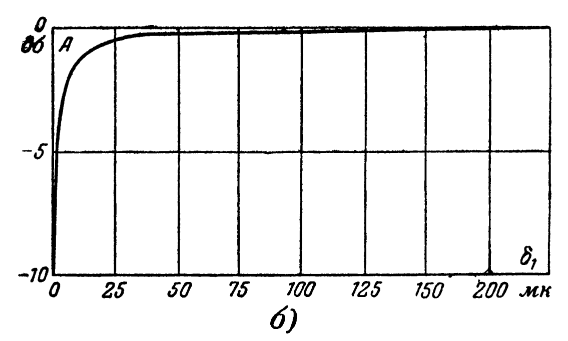


Рис. 24. Влияние геометрических размеров рабочей щели на коэффициент шунтирования *A*.

а — влияние глубины рабочей щели для кольцевой головки при ширине щелей $\delta_1 = 15$ *мк* и $\delta_2 = 5$ *мк* (*1* — $\mu_0 = \infty$; *2* — $\mu_0 = 25\,000$ *гс/э*; *3* — $\mu_0 = 6\,000$ *гс/э*; *4* — $\mu_0 = 2\,000$ *гс/э*; *5* — $\mu_0 = 970$ *гс/э*); *б* — влияние ширины рабочей щели δ_1 для кольцевой головки при магнитной проницаемости сердечника $\mu_0 = 25\,000$ *гс/э*.

Задний зазор в воспроизводящей головке приводит к резкому уменьшению коэффициента шунтирования, особенно при длине зазора свыше 5—10 *мк*. Однако даже при тщательном выполнении не удается обработать сердечник и собрать головку так, чтобы магнитное сопротивление ее

заднего зазора равнялось нулю. Практически длина заднего зазора из-за неплотного контакта торцовых поверхностей сердечников может достигать 5 *мк*. Поэтому данные, приведенные на рис. 24,*а*, относятся к головке, обладающей наиболее вероятной длиной заднего зазора около 5 *мк*.

Из графика, помещенного на рис. 24,*а*, следует, что на величину коэффициента шунтирования большое влияние оказывает начальная проницаемость магнитного материала сердечника μ_0. Из-за уменьшения магнитного сопротивления сердечника, выполненного из сплава с более высокой начальной проницаемостью, коэффициент шунтирования увеличивается. Из этого графика также вытекает, что применение магнитных сплавов с начальной проницаемостью выше 25 000—30 000 *гс/э* нецелесообразно, так как коэффициент шунтирования при этом увеличивается крайне незначительно.

В тщательно изготовленных воспроизводящих головках с кольцевым сердечником из сплава 80НХС при ширине рабочей щели 18 *мк* коэффициент шунтирования колеблется от 0,74 до 0,89.

Отдача воспроизводящей головки с числом витков w на частоте f определяется в вольтах из следующего простого выражения:

$$E = 2\pi f w \Phi_1 \cdot 10^{-8} = 2\pi (Awh) \varphi f \cdot 10^{-8},$$

где φ — максимальное значение остаточного магнитного потока, отнесенное к 1 *мм* ширины ленты (для ленты типа 1 $\varphi = 15{,}8$ *ммкс/мм*, для ленты типа 2 $\varphi = 25{,}2$ *ммкс/мм*);

h — высота набора сердечника, *мм*.

В этом выражении в скобки выделены члены, которые зависят от свойств воспроизводящей головки. Как видно, имеются очень ограниченные возможности для увеличения отдачи воспроизводящей головки.

Высота сердечника головки задается шириной магнитной ленты или числом дорожек на ней и, таким образом, не может произвольно изменяться. Количество витков в обмотке ограничивается индуктивностью головки, допустимая величина которой в свою очередь определяется верхней частотой рабочего диапазона. Таким образом, увеличение отдачи при прочих равных условиях может достигаться увеличением коэффициента шунтирования путем тщательной сборки сердечника без заднего зазора из сплава с высокой магнитной проницаемостью.

Что касается геометрических размеров рабочей щели, то изменение их с целью увеличения отдачи применяется в исключительных случаях. Уменьшение глубины рабочей щели увеличивает отдачу, но при этом сокращается срок службы головки, а увеличение ширины рабочей щели ведет к ухудшению частотной характеристики головки.

Частотная характеристика воспроизводящей головки в сквозном канале линейно изменяется с частотой только в средней, ограниченной части характеристики. На участках низких и высоких частот наблюдается резкое от-

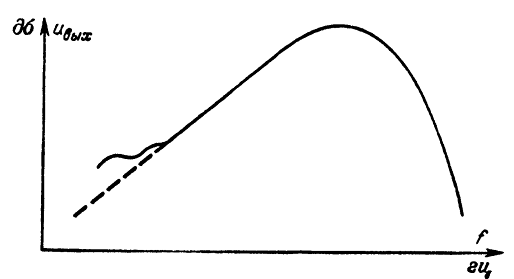


Рис. 25. Сквозная частотная характеристика магнитной записи.

клонение от линейной зависимости между отдачей воспроизводящей головки и частотой записанного сигнала (рис. 25).

Нерегулярный ход частотной характеристики в ее начальной части возникает на частотах, длина волны записанного сигнала на которых сравнима или больше размеров воспроизводящей головки или ее экрана.

Наиболее существенное влияние на эту часть характеристики оказывают размер головки и длина контакта ее рабочей поверхности со звуконосителем. Возникновение волнистости объясняется периодическим суммированием или вычитанием магнитных потоков от длин волн записанного сигнала, кратных указанным размерам головки (экрана). Например, в магнитофонах со скоростью звуконосителя 76 и 38 *см/сек* длина волны записанного сигнала на частоте 30 *гц* равна соответственно 25,3 и 12,6 *мм*. При столь больших длинах волн во избежание волнистости на нижних частотах, которую практически невозможно исправить электрическим путем, используют воспроизводящие головки относительно бóльших размеров, в частности кольцевые головки.

Головки небольших размеров используются при скоростях движения звуконосителя 19,05 *см/сек* и ниже либо на больших скоростях, если нижняя частота диапазона ограничена частотой, при которой длина волны ее не превосходит размеров головки. Наиболее неблагоприятны с этой точки зрения условия у воспроизводящей головки с сердечником (рис. 3,*г*), длина рабочего контакта у которой не превосходит 1—2 *мм*, вследствие чего наблюдается значительная нерегулярность частотной характеристики.

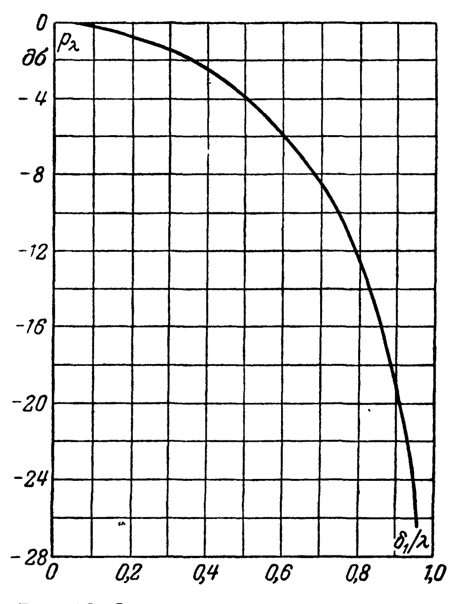


Рис. 26. Зависимость щелевых потерь воспроизводящей головки от ширины рабочей щели, выраженной в долях длины волны записанного сигнала.

В области высоких частот искажения также в значительной степени связаны со свойствами воспроизводящей головки. Потери в воспроизводящей головке в области высоких частот можно разделить на две группы, а именно: зависящие от длины волны записанного сигнала (щелевые потери) и зависящие от частоты воспроизводимого сигнала (частотные потери).

Потери (в децибелах), зависящие от длины волны, вычисляются по формуле

$$p_\lambda = 20 \lg \frac{\sin \pi\delta_1/\lambda}{\pi\delta_1/\lambda},$$

где λ — длина волны записанного сигнала;

δ_1 — эффективная рабочая щель воспроизводящей головки.

Они могут быть также найдены из графика, приведенного на рис. 26.

Эффективная рабочая щель всегда несколько больше геометрических размеров прокладки, закладываемой в рабочую щель головки. Различие между размерами геометрической и эффективной щелей зависит, в частности, от качества изготовления головки, тщательности сборки и обработки рабочей щели. В хорошо изготовленных головках эффективная щель отличается не более чем на 10% от ее геометрических размеров.

При выборе ширины рабочей щели обычно руководствуются желанием получить хорошую частотную характеристику при сохранении высокой отдачи. Эти противоречивые требования можно удовлетворять только компромиссным путем. Удовлетворительные результаты получаются, если допустить щелевые потери на верхней частоте равными 5 *дб*. В этом случае можно рекомендовать размеры рабочей щели, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Рекомендуемые размеры рабочих щелей воспроизводящих головок

Размеры	Скорость магнитной ленты, *см/сек*				
	76,2	38,1	19,05	9,53	4,76
	Верхняя рабочая частота, *гц*				
	15 000	15 000	10 000	6 000	4 500
Ширина щели, *мк*	20—25	10—15	10	7—8	5—6
Глубина щели, *мм*	0,8—1	0,8—1	0,6—0,8	0,5—0,6	0,5—0,6

Потери в воспроизводящей головке, зависящие от частоты, вызываются уменьшением магнитной проницаемости материала сердечника по мере увеличения частоты воспроизводимого сигнала. Так как магнитное сопротивление сердечника при этом возрастает, то коэффициент шунтирования не остается постоянным, а уменьшается с увеличением частоты воспроизводимого сигнала, что в свою очередь приводит к уменьшению отдачи воспроизводящей головки на высоких частотах.

Частотные потери кольцевой воспроизводящей головки, выполненной из сплава 80НХС толщиной 0,2 *мм*, достигают 2—4 *дб* на частоте 15 *кгц*. Следует заметить, что влияние частотных потерь в воспроизводящей головке можно уменьшить введением в сердечник головки заднего зазора. Тогда вследствие возрастания общего сопротивления маг-

нитной цепи влияние изменений сопротивления самого сердечника в меньшей степени влияет на величину коэффициента шунтирования. Однако отдача головки при этом, конечно, падает, особенно на низких и средних частотах.

Электрические параметры обмотки воспроизводящей головки, индуктивность обмотки и ее полное сопротивление выбираются в зависимости от схемы подключения головок ко входу усилителя.

Наиболее употребительными считаются схемы, где воспроизводящая головка подключается либо через повышающий входной трансформатор, либо непосредственно на управляющую сетку лампы первого каскада.

Входной трансформатор повышает амплитуду сигнала на управляющей сетке лампы и тем самым увеличивает перекрытие сигналом уровня собственных шумов первого каскада усилителя воспроизведения. Для сокращения размеров входных трансформаторов индуктивности воспроизводящих головок выбираются не более 0,05—0,1 *гн.*

Непосредственное включение головки избавляет от применения сложного и дорогостоящего входного трансформатора. Головки в этом случае выполняются с большим числом витков и имеют высокое полное сопротивление. Нагрузочное сопротивление обычно в несколько раз превышает полное сопротивление обмотки, так что головка практически работает в режиме холостого хода.

Основным препятствием для повышения отдачи головок за счет увеличения числа витков является собственный резонанс, обусловленный наличием распределенной межвитковой емкости. По мере приближения к резонансной частоте наблюдаются некоторое увеличение отдачи головки и резкое уменьшение ее за резонансной частотой. Поэтому резонансная частота головки во избежание искажений частотной характеристики должна лежать вне рабочей полосы. В редких случаях с целью коррекции частотных искажений обмотка воспроизводящей головки настраивается на верхнюю рабочую частоту. Однако такой способ коррекции является ненадежным, так как резонансная частота в значительной степени зависит от состояния головки, в частности от степени ее износа.

Собственная емкость обмотки изменяется от 25 *пф* для головки с числом витков 2×300 до 50 *пф* для головки с числом витков $2 \times 2\,000$. Кроме того, параллельно головке неизбежно оказывается подключенной емкость, составленная из емкости подводящих проводов, емкости монтажа

и емкости сетка — катод первой лампы. По этим причинам индуктивность головок для непосредственного включения обычно ограничивается 2—3 *гн.*

Необходимо остановиться еще на одном параметре, так называемой добротности воспроизводящей головки, пользоваться которым удобно для сравнения разнотипных головок с различным числом витков. Если головки имеют разное число витков, то сравнение их по отдаче теряет смысл, так как разница между ними может быть отнесена только за счет неодинакового числа витков. Между тем головки могут также различаться по эффективности использования магнитного потока звуконосителя.

Добротность головки

$$Q=\frac{E^2}{L},$$

где E — отдача головки, а L — индуктивность ее обмотки.

Легко убедиться, что Q не зависит от числа витков, а определяется на фиксированной частоте исключительно свойствами и размерами сердечника, а именно:

$$Q=kR_1A,$$

где k — коэффициент пропорциональности;

R_1 — магнитное сопротивление рабочей щели;

A — коэффициент шунтирования.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ ГОЛОВКА

В универсальной магнитной головке объединены функции записи и воспроизведения. Такие головки используются для сокращения числа магнитных головок, с целью удешевления аппаратуры записи или уменьшения ее объема. Для них применяются такие же сердечники, как для записывающих и воспроизводящих головок.

Так как параметры записывающих и воспроизводящих головок различны, то выбор параметров универсальных головок в значительной степени решается компромиссным путем.

На частотную характеристику системы магнитной записи наибольшее влияние оказывает длина рабочей щели воспроизводящей головки, в то время как в записывающей головке длина рабочей щели менее критична. Поэтому в универсальной головке длина рабочей щели выбирается исходя из требования получения нужной частотной характеристики при воспроизведении.

Для снижения модуляционных шумов и уменьшения остаточной намагниченности в сердечник универсальной головки вводится задний зазор, хотя это и уменьшает отдачу ее при воспроизведении.

Электрические параметры универсальной головки должны соответствовать параметрам записывающей головки. Необходимо, например, чтобы собственная резонансная частота головки была выше частоты тока подмагничивания. Для этого универсальные головки выполняются с относительно небольшой индуктивностью, вследствие чего отдача их в режиме воспроизведения невелика.

Выполнение обмотки универсальной головки из двух секций, например с малым числом витков для записи и большим числом витков для воспроизведения, неприемлемо, так как обе эти секции связаны между собой индуктивно, и поэтому собственная емкость воспроизводящей обмотки трансформируется и шунтирует обмотку записи, понижая ее резонансную частоту.

СТИРАЮЩИЕ МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Головка с постоянным полем стирания. Стирание звуконосителя постоянным магнитным полем применялось в ранних аппаратах магнитной записи. В дальнейшем оно было заменено стиранием переменным магнитным полем.

Однако стирание постоянным магнитным полем в некоторых случаях применяется и до настоящего времени. Такое стирание используется иногда в портативных звукозаписывающих аппаратах, где в целях уменьшения габаритов и веса идут на снижение качественных показателей Стирание постоянным магнитным полем имеет также некоторые преимущества перед стиранием переменным полем при записи импульсных сигналов. Для стирания постоянным полем используются как постоянные магниты, так и электромагниты.

Постоянные магниты изготавливаются из сплавов, обладающих большой магнитной энергией, например магнико. Для стирания магнит приводится в соприкосновение со звуконосителем, а для прекращения стирания он отводится от него.

Постоянные магниты в качестве стирающих головок неудобны тем, что возникает необходимость применять механические устройства для отвода головки, которые должны быть связаны с общим управлением аппаратом магнитной записи во избежание ошибочного стирания.

Более удобны стирающие головки, выполненные в виде электромагнитов, питаемых постоянным током. Сердечники таких головок изготавливаются различной формы, в том числе и кольцевой.

Напряженность магнитного поля над рабочей щелью стирающей головки должна быть достаточной для магнитного насыщения звуконосителя. По выходе из поля головки звуконоситель должен приобрести максимальную остаточную намагниченность. Практически же из-за влияния потоков рассеяния остаточная индукция в звуконосителе всегда меньше ее максимальной величины. Основное влияние на величину остаточной намагниченности оказывает поток рассеяния, действующий на звуконоситель по выходе его из-под рабочей щели. Для уменьшения влияния потока рассеяния сердечники стирающей головки выполняются с приливом со стороны сбегающей части рабочей щели (рис. 27).

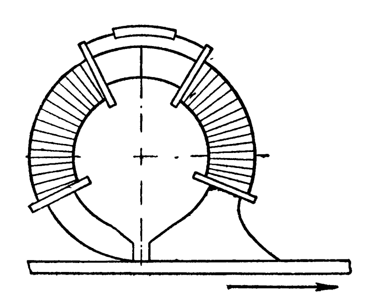


Рис. 27. Стирающая головка с постоянным полем стирания.

Для стирания широких звуконосителей, например магнитных барабанов, используются головки, состоящие из двух полюсных наконечников, образующих рабочую щель. Полюсные наконечники скреплены между собой кольцевыми электромагнитами, количество которых выбирается таким образом, чтобы обеспечивалось равномерное магнитное поле по всей длине стирающей головки.

Стирающие головки выполняются без заднего зазора. Для уменьшения остаточной намагниченности сердечник стирающей головки изготавливают из магнитных материалов, обладающих малой коэрцитивной силой. Кроме того, часто используется включение последовательно с обмоткой стирающей головки дополнительной индуктивности и параллельно им конденсатора, образующих вместе с обмоткой стирающей головки колебательный контур. При выключении тока в контуре возникают колебания, которые частично размагничивают сердечник головки.

Стирающие головки с переменным полем стирания. При стирании переменным полем звуконоситель подвергается циклическому перемагничиванию полем, амплитуда кото-

рого постепенно уменьшается до нуля. В результате этого процесса остаточная намагниченность звуконосителя по выходе его из поля стирающей головки практически отсутствует, т. е. звуконоситель размагничивается. Качество стирания переменным полем зависит от двух основных условий: 1) полного удаления предыдущих записей и 2) размагничивания звуконосителя. Выполнение последнего условия весьма важно, так как оно обеспечивает минимальные остаточные шумы.

Для выполнения обоих условий необходимо, чтобы амплитуда магнитного поля была достаточной для магнитного насыщения всей толщины звуконосителя, а по мере удаления от рабочей щели в направлении движения звуконосителя она убывала до нуля. Величина остаточной намагниченности существенно зависит от того, насколько медленно спадает поле в этом направлении. Скорость убывания поля принято оценивать отношением последующих значений амплитуд напряженности магнитного поля H_1 к предыдущим H_2. Обозначим это отношение символом y. Считают, что хорошее размагничивание звуконосителя получается, если отношение y не меньше 0,85—0,9.

Выполнение этого условия зависит от частоты тока стирания, скорости звуконосителя и длины рабочей щели стирающей головки, которая в известной мере определяет форму статического распределения магнитного поля вдоль звуконосителя.

Если для простоты предположить, что сложный закон изменения поля вдоль звуконосителя заменяется линейным, то можно установить связь между этими величинами и получить простое выражение, пригодное для ориентировочных расчетов длины рабочей щели (*мм*) стирающей головки:

$$\delta_1 = 1,1 \frac{v}{f} \cdot \frac{1}{1-y},$$

где v — скорость звуконосителя;
f — частота тока стирания;
y — упомянутое выше отношение.

Напряженность магнитного поля в рабочей щели стирающей головки и среднее значение рабочего поля могут быть приближенно вычислены по приведенным ранее формулам для записывающей головки. Так как стирающие головки выполняются без заднего зазора, то при вычислениях полагают δ_2 равным нулю.

Уменьшение остаточных шумов звуконосителя (до 6—10 *дб*) наблюдается после вторичного его размагничивания стирающей головкой. Степень уменьшения шумов при повторном стирании зависит от качества первоначального стирания.

Повторное стирание может быть заменено установкой в аппарате двух стирающих головок на некотором расстоянии друг от друга. Улучшение качества стирания дают двухщелевые стирающие головки (рис. 28). Они выполняются с рабочими щелями неодинаковой ширины, расположенными в направлении движения звуконосителя таким образом, что первоначально он подвергается воздействию интенсивного поля в более узкой щели и размагничивается спадающим полем, создаваемым более широкой щелью.

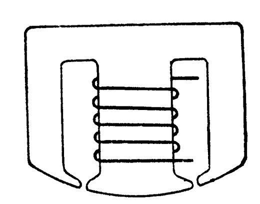


Рис. 28. Стирающая головка с двумя рабочими щелями.

Основную часть потерь в стирающей головке составляют потери на вихревые токи, создающие значительный нагрев головки. Во избежание перегрева стирающей головки в ее конструкции обычно предусматривается надежный контакт с платой механизма для теплоотвода.

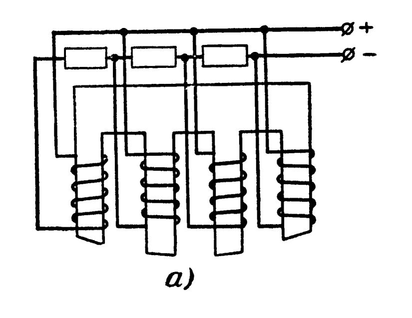
Обмотки стирающих головок выполняются с малым числом витков, во-первых, с целью увеличения частоты собственного резонанса и, во-вторых, потому, что предпочтительнее считается питание головки от источника тока с невысоким выходным напряжением. Стирающие головки включаются на выход генератора стирания через конденсатор, составляющий вместе с остальной цепью контур, настроенный на частоту тока подмагничивания. Таким образом, генератор тока подмагничивания оказывается нагруженным на активное сопротивление эквивалентных потерь стирающей головки.

Техника измерения сопротивления эквивалентных потерь аналогична измерению потерь в записывающих головках.

Головки с импульсным полем стирания. Схематически устройство головки с импульсным стиранием показано на рис. 29,*а*. Сердечник головки содержит несколько полюсов, каждый из которых снабжен обмоткой. Соединение обмоток, а также величины постоянных токов в каждой из них устанавливаются таким образом, чтобы магнитное поле

между полюсами чередовалось по знаку и убывало по амплитуде от полюса к полюсу. Таким образом, создается поле, аналогичное по форме полю стирающих головок, питаемых переменным током. В отличие от последних головки с импульсным стиранием более экономичны, так как они питаются постоянным током.

В головках, магнитное поле в которых создается постоянными магнитами (рис. 29,*б*), вообще отпадает необходимость в каком-либо источнике питания. Головка состоит из двух гребенок, входящих одна в другую, скрепленных постоянным магнитом. Оптимальный характер распределения поля, обеспечивающий минимальную остаточную намагниченность звуконосителя, а следовательно, и наименьший уровень шумов, определяется как размерами воздушных зазоров между смежными полюсами, так и расположением головки относительно звуконосителя. Головка располагается под некоторым углом к направлению движения звуконосителя, контактируя с ним только у одного из крайних зазоров. Индукция в этом зазоре должна быть достаточной для магнитного насыщения звуконосителя.



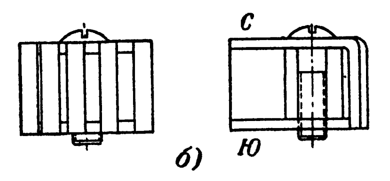


Рис. 29. Головки с импульсным стиранием.

а — схематическое устройство головки; *б* — головка с постоянным магнитом.

Практически установлено, что увеличение числа перемен знака поля свыше четырех — шести не дает заметного уменьшения уровня остаточных шумов после стирания. В отношении уровня остаточных шумов звуконосителя головка с чередующимися полюсами уступает головке с переменным полем стирания, но значительно превосходит головку с постоянным полем стирания.

КОМБИНИРОВАННАЯ МАГНИТНАЯ ГОЛОВКА

В комбинированной магнитной головке сочетаются функции стирания, записи и воспроизведения.

Простейший тип комбинированной головки показан на

рис. 30,*а*. Сердечник головки состоит из центрального стержня и двух полуколец. Левая часть сердечника с узкой рабочей щелью служит для записи и воспроизведения, а правая часть с широкой рабочей щелью — для стирания.

При воспроизведении такой головкой наблюдается нерегулярный ход частотной характеристики во всем рабочем диапазоне частот, обусловленный интерференцией магнит-

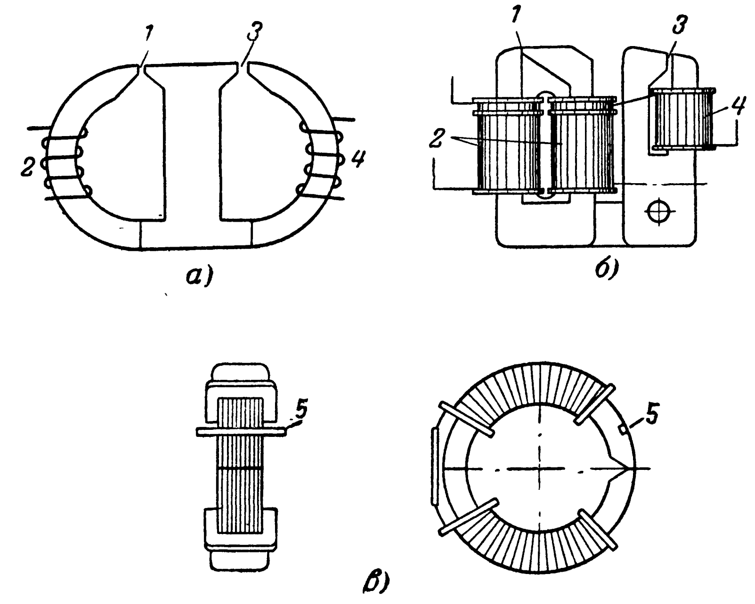


Рис. 30. Комбинированные головки.

а — головка с общим средним стержнем; *б* — головка для записи и воспроизведения на проволоке, *в* — головка с проводником.
1 и *2* — рабочий зазор и обмотка универсальной части головки; *3* и *4* — рабочий зазор и обмотка стирающей части головки; *5*—проводник.

ных потоков в левой и правой частях сердечника. Это явление можно ослабить значительным увеличением сечения центрального стержня с тем, чтобы его магнитное сопротивление стало много меньшим сопротивления левой части магнитопровода. Кроме того, заметное влияние оказывает уменьшение потока в правой части сердечника замыканием накоротко концов обмотки стирания при воспроизведении.

Чаще комбинированные головки выполняются в виде двух самостоятельных цепей, скрепленных общим элементом. Примером такой конструкции является комбинированная головка, широко используемая в аппаратах с прово-

лочным звуконосителем. Схематически устройство ее показано на рис. 30,*б*. Левая часть является универсальной головкой с двумя катушками и рабочей щелью, а правая часть служит для стирания. Последовательно с обмоткой стирания включены две катушки, расположенные на стержнях универсальной головки. Ток стирания, протекающий по этим катушкам, создает поле смещения, необходимое при записи.

Иначе решена комбинированная головка, показанная на рис. 30,*в*. В качестве магнитной цепи в ней применен сердечник обычной кольцевой головки. Данные и конструкция ее такие же, как и универсальной головки. Отличие состоит лишь в том, что для создания стирающего поля в тело сердечника вмонтирован проводник, к концам которого подводится ток от генератора. Согласование проводника с генератором выполняется при помощи трансформатора или путем подбора связи витка, подключенного к концам проводника, с контуром генератора.

ИСПЫТАНИЕ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

После изготовления магнитные головки подвергаются испытанию. При этом измеряются основные электрические и электроакустические параметры магнитных головок, а именно: частотная характеристика записывающих и воспроизводящих головок; токи записи и подмагничивания записывающих головок; отдача воспроизводящих головок; рабочий ток стирающих головок; мощность, потребляемая стирающей головкой; переходное затухание между головками в многоканальных блоках.

Кроме того, во всех типах головок измеряется индуктивность и омическое сопротивление обмотки, а также определяется электрическая прочность изоляции между обмоткой и сердечником.

Все испытания, за исключением измерений мощности стирающей головки, а также электрических данных обмоток, производятся путем определения характеристик головок в сквозном канале. Испытания проводятся на стенде, включающем в себя лентопротяжный механизм с замкнутым кольцом звуконосителя, а также все электронные устройства, необходимые для записи, воспроизведения, стирания и измерения данных головок. Схема такого стенда приведена на рис. 31.

Условия испытания головок должны приближаться к рабочим условиям. Это прежде всего касается скорости зву-

коносителя, а также частоты токов подмагничивания и стирания. Канал воспроизведения должен быть линейным с входным сопротивлением не менее 1 *Мом*. При испытаниях используется типовая лента (лента средняя по своим показателям для данного типа ленты).

Частотная характеристика воспроизводящих головок определяется при записи типовой записывающей головкой, а записывающие головки испытываются с типовой воспроизводящей головкой.

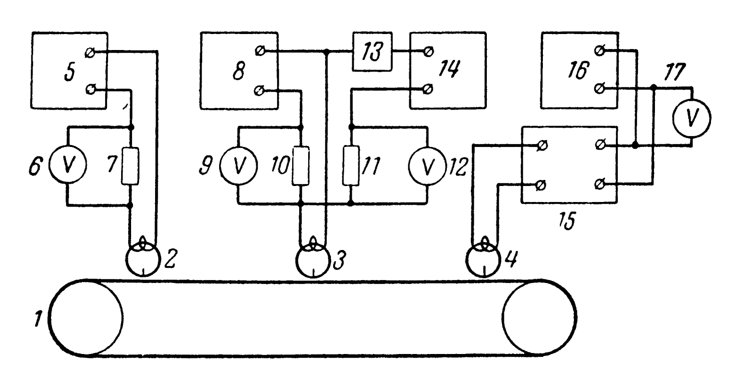


Рис. 31. Схема установки для испытания магнитных головок.

1—лентопротяжный механизм; *2—4*—стирающая, записывающая и воспроизводящая головки; *5* — генератор стирания; *6* — вольтметр для измерения тока стирания по падению напряжения на сопротивлении *7*; *8* — генератор подмагничивания; *9* и *12*— вольтметры для измерения токов подмагничивания и записи по падению напряжения на сопротивлениях *10* и *11*; *13* — фильтр-пробка; *14* — генератор записи; *15* — усилитель воспроизведения; *16* — осциллограф; *17* — выходной вольтметр.

Типовые магнитные головки отбираются из партии магнитных головок и представляют собой головки со средними данными. Они должны периодически проверяться по измерительной ленте. Измерение частотной характеристики производится при уровне, на 20 *дб* меньшем максимального.

Ток подмагничивания определяется по максимальному напряжению в канале воспроизведения (так называемый оптимальный ток подмагничивания), а ток записи — при оптимальном токе подмагничивания. Максимальный ток записи соответствует току, создающему эффективные значения остаточного магнитного потока ленты и 100 *ммкс* для магнитофонов со скоростью 76 *см/сек* и 160 *ммкс* для магнитофонов со скоростями 38, 19 и 9 *см/сек*.

Отдача воспроизводящей головки определяется путем измерения напряжения, развиваемого при воспроизведении записи, сделанной с максимальным током записи.

Рабочий ток стирающей головки определяется при стирании записи с частотой 400 *гц*, записанной с двойным максимальным током. Ток в стирающей головке устанавливается такой величины, при которой лента размагничивается до заданного уровня стирания. Этот ток и является рабочим током стирания.

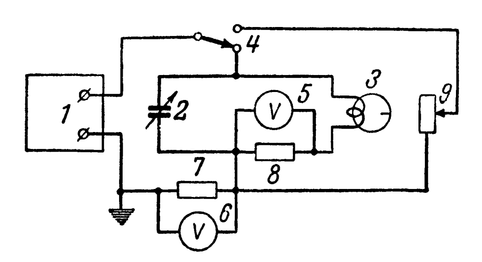


Рис. 32. Схема измерения сопротивления потерь.

1 — генератор; *2* — конденсатор переменной емкости; *3* — испытываемая головка; *4* — переключатель; *5* и *6* — вольтметры для контроля токов по падению напряжения на сопротивлениях *7* и *8*; *9* — переменное сопротивление.

Мощность, потребляемая стирающей головкой, вычисляется по формуле

$$P=\frac{U^2}{R_п},$$

где U — напряжение, падающее на обмотке стирающей головки при рабочем токе;

$R_п$ — сопротивление потерь.

Сопротивление потерь определяется в схеме, изображенной на рис. 32. Обмотка испытываемой головки настраивается в резонанс с помощью параллельно включенного конденсатора с малыми потерями. Необходимо стремиться к тому, чтобы при измерениях частота тока и его величина соответствовали рабочим условиям головки.

Для численного нахождения сопротивления потерь контур, образованный испытываемой головкой и конденсатором, заменяется омическим сопротивлением, величина ко-

торого подбирается такой, чтобы сохранялось равенство токов в цепи при замене контура этим сопротивлением. Установленное таким образом омическое сопротивление равно сопротивлению потерь головки.

Переходное затухание между головками в многоканальных блоках. Полное переходное затухание между каналами измеряется путем записи по одному каналу и последующего воспроизведения по этому же и смежным каналам. За величину переходного затухания принимается отношение выходных напряжений, выраженное в децибелах.

Переходное затухание между головками определяется как отношение напряжения, подаваемого на одну из головок блока от генератора, к напряжению, наводимому при этом в смежных головках.

Измерение переходного затухания производится на низкой, средней и высокой частотах рабочего диапазона.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПОТОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ВОСПРОИЗВОДЯЩИЕ ГОЛОВКИ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОВОК

Характерная особенность головок, чувствительных к потоку, состоит в том, что их выходное напряжение пропорционально мгновенному значению магнитного потока в отличие от обычных головок, развивающих напряжение, пропорциональное скорости изменения потока по времени. Поэтому выходное напряжение этих головок практически не зависит от скорости звуконосителя и—в определенных пределах — от частоты записанного сигнала.

Потокочувствительные головки используются преимущественно для воспроизведения инфразвуковых частот и импульсных сигналов. Головки воспроизводят сигналы при значительном замедлении скорости и даже с неподвижного звуконосителя.

Частотная характеристика головок этого типа при воспроизведении сигналов, записанных продольно, т. е. так, как принято в современных магнитофонах, приведена на рис. 33. Нерегулярный ход характеристики на низких частотах обусловлен явлением, связанным с интерференцией магнитных потоков при длинах волн сигнала, равных или

бóльших размеров сердечника воспроизводящей головки. Резкое падение отдачи головки на еще более низких частотах вызывается тем, что при длине волны сигнала, существенно бóльших размеров сердечника головки, магнитный поток через сердечник уменьшается вследствие замыкания магнитных силовых линий звуконосителя вне головки.

Таким образом, потокочувствительные головки не могут воспроизводить очень медленно меняющиеся электрические

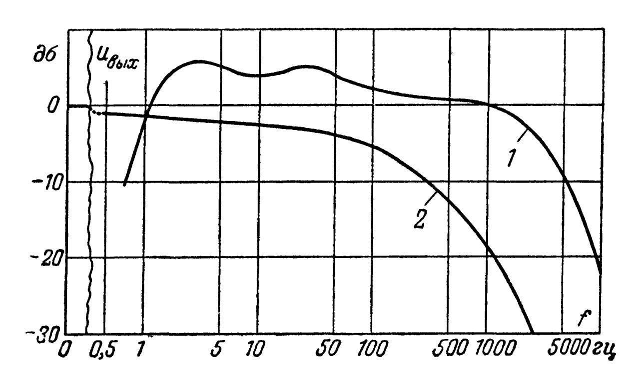


Рис. 33. Частотные характеристики при скорости звуконосителя 19 *см/сек.*

1 — продольная запись; *2* — перпендикулярная запись.

процессы и постоянную составляющую в сигнале, если они записаны продольным способом.

Исправление частотной характеристики в области очень низких частот, в частности нерегулярностей в ее ходе, может быть достигнуто уменьшением скорости звуконосителя в процессе записи до величины, при которой длина волны для наименьшей частоты соответствовала бы благоприятным условиям при воспроизведении. Кроме того, улучшение может быть достигнуто путем увеличения геометрических размеров головки, для чего достаточно увеличить полюса головки, как показано на рис. 34,*а*.

Однако наиболее радикальной мерой является применение поперечного или перпендикулярного метода записи и воспроизведения. Расположение полюсов записывающей и воспроизводящей головок для обоих методов записи показано соответственно на рис. 34,*б* и *в*. Кроме исправления частотной характеристики, в обоих методах записи решает-

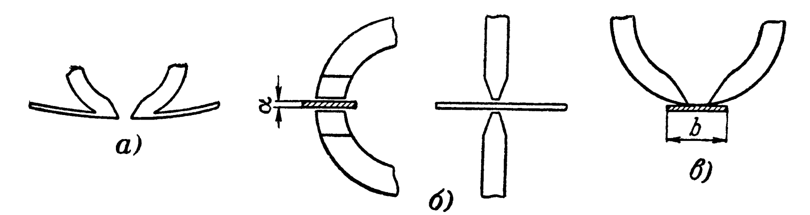


Рис. 34. Полюсные наконечники головок.

а — для продольной записи; *б* — для перпендикулярной записи; *в* — для поперечной записи.

ся вопрос о воспроизведении постоянной составляющей сигнала.

Спад частотной характеристики в области высоких частот является результатом щелевых и частотных потерь.

ГОЛОВКА С ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКОЙ

В этой головке использовано известное явление — отклонение электронного луча в магнитном поле. Такая головка состоит из сердечника, содержащего рабочую щель и задний зазор (рис. 35). В заднем зазоре сердечника заключена миниатюрная электронно-лучевая трубка, которая, кроме обычных элементов, характерных для трубок, снабжена внутренними полюсными наконечниками, являющимися как бы продолжением сердечника головки, и двумя анодами.

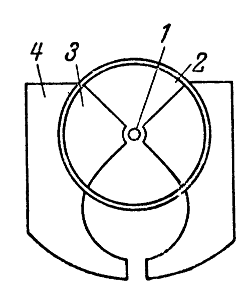


Рис. 35. Схематическое изображение устройства электронно-лучевой воспроизводящей головки.

1 — электронный луч; *2* — стеклянная колба трубки; *3* — внутренние полюсные наконечники; *4* — сердечник головки.

Если магнитный поток в сердечнике головки отсутствует, то ток электронного луча поровну делится между двумя анодами и напряжение на нагрузочных сопротивлениях *R* между точками *А* и *Б* (рис. 36) равно нулю. Появление магнитного потока в сердечнике вызывает отклонение электронного луча на величину, пропорциональную амплитуде магнитного потока. Пропорционально этому отклонению ток электронного луча делится между анодами так, что между указанными точками появляется напряжение.

Головка с электронно-лучевой трубкой имеет линейную амплитудную характеристику в значительном диапазоне изменений магнитного потока и обладает большой отдачей. Выходное напряжение ее достигает 0,6 *в* при воспроиз-

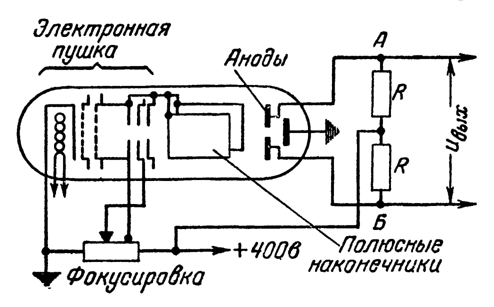


Рис. 36. Схема включения электронно-лучевой головки.

ведении сигналов, записанных на звуконоситель с остаточной индукцией 600 *гс*. Динамический диапазон сквозного канала с воспроизводящей электронно-лучевой головкой достигает 40 *дб* в диапазоне частот до 10 000 *гц*.

ГОЛОВКИ С МЕХАНИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ МАГНИТНОГО ПОТОКА

Механическая модуляция потока в головках осуществляется путем периодического изменения магнитного сопротивления сердечника. Наиболее употребляемым является изменение сопротивления заднего зазора головки, например клином из магнитного материала, укрепленным на язычке вибратора (рис. 37). Благодаря этому магнитный поток Φ_1 в сердечнике изменяется с частотой f, равной частоте колебаний вибратора. Этот поток наводит в обмотке головки с числом витков w переменную э. д. с.

$$E = 2\pi f w m \Phi_1 10^{-8},$$

где m — коэффициент модуляции потока.

Огибающая этих колебаний соответствует форме записанных сигналов, которые далее могут быть вы-

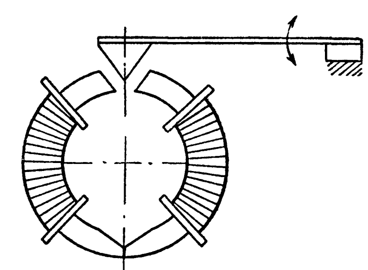


Рис. 37. Головка с механической модуляцией потока.

делены с помощью обычного амплитудного детектора.

Головка имеет очень низкую отдачу из-за малой величины коэффициента модуляции, достигающей, даже при тщательном выполнении всей системы, не более 0,05. Неудобство представляет также наличие механического устройства, которое должно выполняться с прецизионной точностью.

МАГНИТОМОДУЛЯЦИОННАЯ ГОЛОВКА С УДВОЕНИЕМ ЧАСТОТЫ

Для воспроизводящих головок этого типа характерным является то, что в части их сердечника наряду с магнитным полем сигнала $H_с$ действует вспомогательное поле, так называемое поле возбуждения $H_в$. Роль поля возбуждения состоит в периодическом изменении магнитного сопротивления сердечника для магнитного потока, создаваемого полем записанного сигнала.

По способу приложения поля возбуждения различают головки с продольным возбуждением (рис. 38,*а*), в которых направления полей возбуждения и сигнала совпадают или противоположны друг другу, и головки с поперечным возбуждением (рис. 38,*б* и *в*), для которых характерным является взаимно-перпендикулярное направление обоих полей.

В головках с продольным возбуждением поле возбуждения создается током, протекающим через обмотку возбуждения w_1, намотанную в вырезе сердечника головки. Обмотка выполнена таким образом, что магнитный поток, создаваемый током возбуждения, замыкается в участке сердечника, охваченного этой обмоткой. Поэтому при идеальной симметрии и однородности сердечника магнитный поток возбуждения не проходит через рабочую щель головки и не индуктирует в выходной обмотке w_2 э. д. с. с частотой тока возбуждения.

В головке с поперечным возбуждением (рис. 38,*б*) поле возбуждения создается током обмотки, помещенной на дополнительном магнитопроводе, закрепленном в заднем зазоре головки. Поле возбуждения в головке (рис. 38,*в*) представляет собой круговое поле тока, протекающего через проводник, помещенный в канале сердечника.

С качественной стороны явления, протекающие в головках с продольным и поперечным возбуждением, схожи. Но так как поперечно приложенное поле в меньшей сте-

пени изменяет магнитную проницаемость сердечника, чем при продольном возбуждении, то отдача последних двух головок меньше отдачи головки с продольным возбуждением.

Из-за нелинейности кривой намагничивания $B=f(H)$ магнитная проницаемость участка сердечника, охваченно-

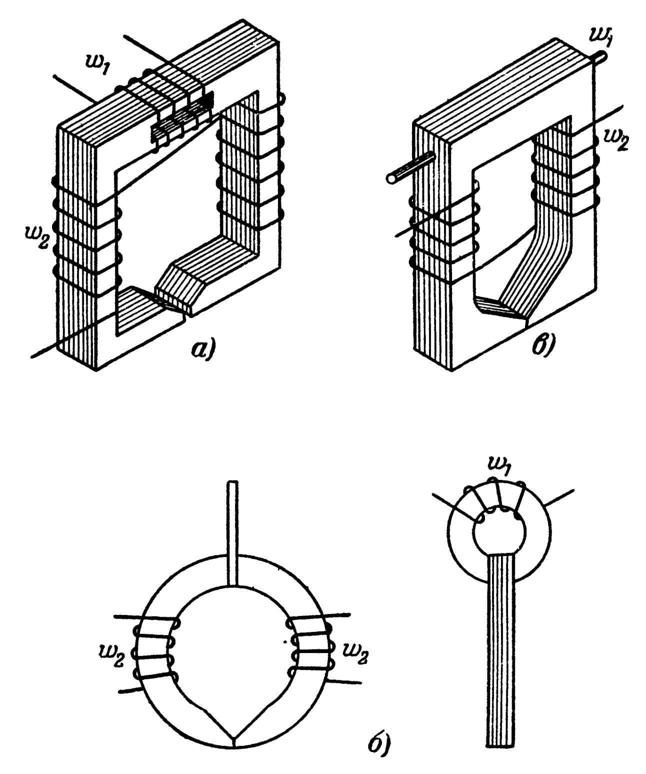


Рис. 38. Магнитомодуляционные головки.
а — с продольным возбуждением *б* и *в* — с поперечным возбуждением.

го обмоткой возбуждения, изменяется под воздействием поля возбуждения. Чем больше напряженность поля, тем меньше величины магнитной проницаемости (рис. 39). Так как магнитная проницаемость зависит от абсолютной величины напряженности поля и не зависит от его знака, то за каждый период поля возбуждения магнитная проницаемость дважды меняет свою величину. Таким образом, маг-

нитная проницаемость изменяется с удвоенной частотой тока возбуждения, как показано на рис. 40,*а* для синусоидального поля возбуждения.

Пренебрегая для простоты магнитным сопротивлением участков сердечника, на которых расположена выходная

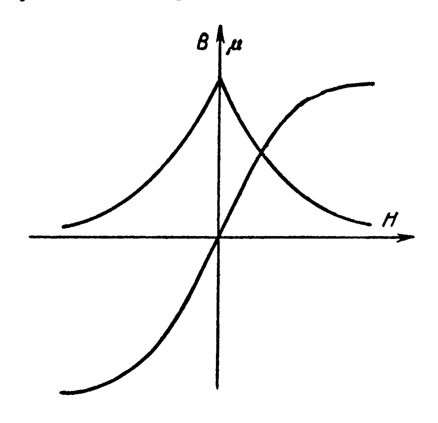


Рис. 39. Кривая намагничивания ферромагнитного материала и зависимость магнитной проницаемости от величины поля возбуждения.

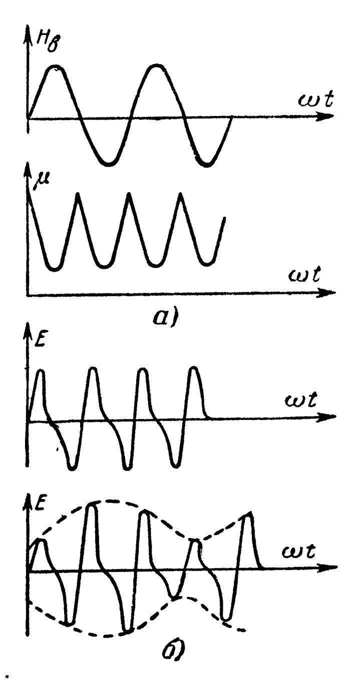


Рис. 40. Изменение магнитной проницаемости при синусоидальном поле возбуждения (*а*) и форма выходного напряжения магнитомодуляционной головки при постоянном и синусоидальном намагничивании звуконосителя (*б*).

обмотка, по сравнению с магнитным сопротивлением участков, охватываемых обмоткой возбуждения, находим что под действием поля намагниченного звуконосителя по сердечнику проходит поток

$$\Phi_с = H_с s \mu,$$

где s — площадь поперечного сечения участка сердечника, возбуждаемого полем $H_в$.

Так как напряженность поля сигнала значительно меньше напряженности поля возбуждения, то магнитная проницаемость сердечника практически не зависит от напряженности поля $H_с$. Магнитный поток $\Phi_с$, таким образом, совпадает с характером изменения магнитной проницаемости, т. е. меняется с удвоенной частотой тока возбуждения, а

амплитудное значение его пропорционально намагниченности звуконосителя. В обмотке w_2 поток Φ_c индуктирует э. д. с. с удвоенной частотой тока возбуждения:

$$E = - w_2 \frac{d\Phi_c}{dt} \cdot 10^{-8} = w_2 H_c s \frac{d\mu}{dt} \cdot 10^{-8},$$

примерная форма которой показана на рис. 40,*б* для постоянной и синусоидальной намагниченности звуконосителя.

Использование магнитомодуляционных головок осложняется тем, что из-за неизбежной неоднородности магнитных свойств сердечника и геометрической асимметрии его часть потока возбуждения проникает в основной сердечник головки. Величина этого потока практически столь мала, что он не создает в рабочей щели головки магнитного поля, которое могло бы испортить запись сигналов на звуконосителе. Вместе с этим, даже при ничтожной неоднородности, в обмотке w_2 индуктируется э. д. с., амплитуда которой может в несколько раз превышать полезный сигнал.

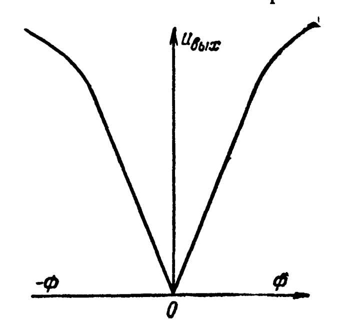


Рис. 41. Амплитудная характеристика магнитомодуляционной головки.

В общем случае эта паразитная э. д. с. содержит нечетные гармоники тока возбуждения и четные его гармоники, если они содержались в токе возбуждения. Уменьшение паразитной э. д. с. достигается путем тщательного изготовления головки и применением селективного усиления на второй гармонике тока возбуждения.

Следует заметить, что выходная э. д. с., кроме второй гармоники, содержит и более высокие четные гармоники. Амплитуда каждой четной гармоники, включая вторую, достигает наибольшего значения при определенном, так называемом оптимальном токе возбуждения. Чем выше номер гармоники, тем больший ток возбуждения необходим для создания оптимального режима. Амплитуды четных гармоник при оптимальных токах возбуждения практически равны друг другу. Амплитуда четных гармоник линейно зависит от потока и соответственно поля сигнала H_c (рис. 41). Изменение полярности потока не влияет на амплитуду сигнала, а меняет лишь его фазу.

Детектирование таких сигналов должно производиться фазочувствительным детектором.

Обмотка возбуждения головки должна питаться от источника тока с ничтожно малым содержанием второй гармоники. Обычно это достигается включением в цепь возбуждения режекторных фильтров, настроенных на вторую гармонику, или низкочастотных фильтров.

Выходная обмотка головки нагружается обычно на полосовой фильтр, выделяющий из общего сигнала вторую гармонику и ее боковые частоты.

МАГНИТОМОДУЛЯЦИОННАЯ ГОЛОВКА С ИМПУЛЬСНЫМ ВЫХОДОМ

Головка с импульсным выходом выполняется точно так же, как ранее описанная головка с продольным возбуждением. Различие между ними состоит лишь в выборе величины тока, питающего обмотку возбуждения.

Головка с импульсным выходом возбуждается током, величины которого достаточно для того, чтобы участок сердечника, охваченный обмоткой возбуждения, подавляющую часть каждого периода находился в состоянии магнитного насыщения. Тогда в течение каждого периода магнитный поток в сердечнике возбуждения за весьма малый промежуток времени изменяется 2 раза: один раз от $+\Phi_s$ до $-\Phi_s$ и второй раз от $-\Phi_s$ до $+\Phi_s$. Таким образом, магнитная проницаемость этого участка сердечника за тот же промежуток времени дважды за период изменяется от минимальной величины (при магнитном насыщении) до своего наибольшего значения. Магнитный поток, создаваемый полем сигнала, в сердечнике головки приобретает вид импульсов, которые индуктируют в выходной обмотке импульсы напряжения большой величины.

В головке, обладающей идеальной геометрической симметрией и магнитной однородностью сердечника, выходное напряжение в отсутствие записанного сигнала равно нулю. Практически такие условия создать крайне сложно, поэтому из-за асимметрии головки при отсутствии потока от сигнала в выходной обмотке индуктируются знакопеременные импульсы одинаковых амплитуд. При воспроизведении напряжение также имеет вид знакопеременных импульсов, преобладание амплитуды которых соответствует знаку сигнала.

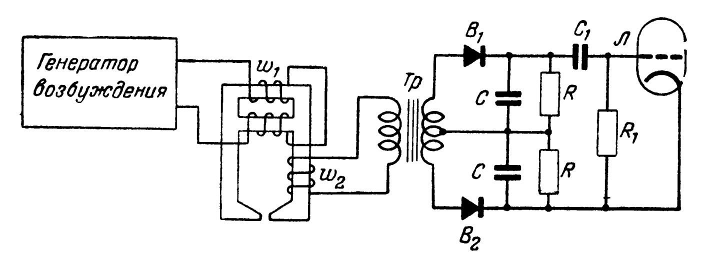


Рис. 42. Схема включения магнитомодуляционной головки.

В отличие от головок с удвоением частоты головки с импульсным выходом могут питаться от любого генератора синусоидальных колебаний. При этом допустимы значительные искажения формы тока возбуждения. Однако мощность источника возбуждения должна быть значительно большей, чем для головок с удвоением частоты.

Схема включения воспроизводящей головки с импульсным выходом приведена на рис. 42. Обмотка возбуждения головки w_1 связана непосредственно (без фильтрующих элементов) с генератором возбуждения. Выходная ее обмотка w_2 нагружена на входной повышающий трансформатор *Тр*. Вентили B_1 и B_2 выпрямляют соответственно положительную и отрицательную полуволны выходного напряжения.

Постоянная времени контуров *RC* выпрямителя значительно превышает период переменного тока возбуждения. Поэтому напряжения U_1 и U_2 на этих контурах пропорциональны амплитудным значениям напряжения на выходе головки соответственнно положительным и отрицательным импульсам. Результирующее напряжение $U = U_1 + U_2$ на выходе выпрямителя пропорционально разности амплитуд положительных и отрицательных импульсов напряжения на выходе головки. При отсутствии сигнала с носителя записи $U_1 = U_2$ и $U = 0$.

Схема выпрямителя является фазочувствительной, т. е. полярность результирующего напряжения U зависит от полярности намагничивания носителя записи. Вследствие этого отпадает необходимость применения специальных фазочувствительных детекторов или начального смещения. Дальнейшее усиление осуществляется обычным электронным усилителем с полосой пропускания, соответствующей записанному сигналу.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАГНИТОФОНАХ

Тип магнитофона	Вид записи	Скорость, *см/сек*	Типы головок	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Высота сердечника, *мм*	Ширина рабочей щели, *мк*	Длина заднего зазора, *мм*	Индуктивность головки, *мгн*	Сопротивление обмотки, *ом*	Форма сердечника
МЭЗ-2, МАГ-5	Однодорожечная	76,2	В-01 З-01 С-02	2×250 2×150 2×75	0,2 0,3—0,4 0,4	7 7 7	20 20 200	0 0,4 0	60—70 8—9 2—2,3	8—9 3 1	Рис. 1
МЭЗ-15	»	76,2	В-01 З-01 С-04	2×250 2×150 2×150	0,2 0,3—0,4 0,4	7 7 7	20 20 150	0 0,4 0	60—70 8—9 8	8—9 3 3	То же
МЭЗ-28	»	76,2 и 38,1	2В-01 2З-01 С-04	2×200 2×150 2×150	0,2 0,3 0,4	7 7 7	10 10 150	0 0,4 0	60—70 8—9 8	6 3 3	» »
МАГ-8	»	76,2 и 38,1; 38,1 и 19,05	Воспроизводящая Записывающая Стирающая	2×1 500 2×750 2×75	0,8 0,15 0,4	7 7 7	10 10 200	0 0,25—0,3 0	3 000 280 2	500 — 1	» »
«Днепр-1» «Днепр-2» «Днепр-3» «Днепр-5»	»	19,05	Универсальная Стирающая	2×1 500 2×75	0,08 0,4	7 7	10 200	0,1 0	800 2	500 1	» »
«Днепр-9» «Днепр-10»	Двухдорожечная	19,05	Универсальная Стирающая	2×1 500 2×200	0,1 0,27	3 3	15 50	0,1 0	1 000±100 10	200 5	» »

М-30 „Репортер-2“	Однодорожечная	19,05	МГ-8В МГ-8П	2 000 600	0,08 0,1	5,5 6	10 10	0 0,1	2 000 130	500 40	Рис. 3, *б*
„Днепр-8“	„	19,05	В-01	2×300	0,1	7	10	0	120—140	8	Рис. 1
			СГПМ-2	Стирающая головка с постоянным магнитом							
„Эльфа-6М“	Двухдорожечная	Переменная	Универсальная Стирающая	2×1 500 —	0,08 —	3 —	10 —	0,1 —	800 —	200 —	Рис. 1
„Эльфа-10“	„	19,05	Универсальная Стирающая	2×1 500 2×200	0,08 0,2	3 3	10 100	0,1 —	750—800 10	220 42	То же
„Мелодия“	„	19,05 и 9,53	Универсальная Стирающая	2 550 400	0,05 0,15	3 3	8 200	0 0	900 7—8	540 11	„ „
Приставка МП-1	„	19,05	Универсальная Стирающая	2×1 500 2×100	0,08 0,4	3 3	10 100	0,1 0	600—1 000 3—4	500 1,5	„ „
Приставка МП-2	„	19,05	Универсальная Стирающая	2×1 500 2×200	0,08 0,4	3 3	10 100	0,1 0	600—1 000 12—13	500 3	„ „
„Яуза“	„	19,05	Универсальная Стирающая Воспроизводящая типа МГ-8	2 550 450 2×1 500	0,05 0,12 0,08	3 3 5,5	8 200 7	0 0 0	900 7—8 1 500	500 11 450	Рис. 3, *б*

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 1 р. 65 к.